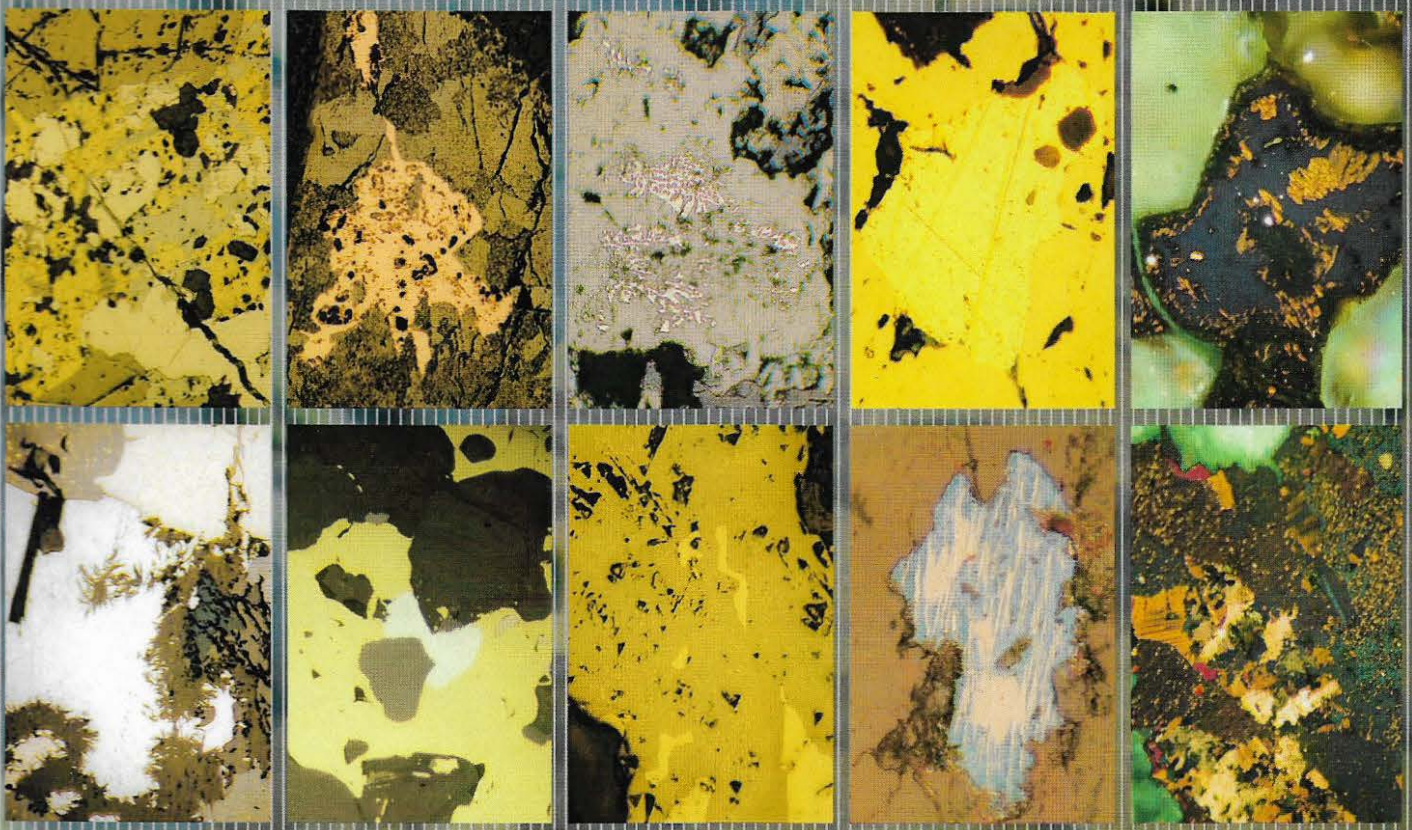


ATLAS DE ASOCIACIONES PARAGENÉTICAS DE MENAS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

Susana Segal y Sabrina Crosta



Buenos Aires 2011



INSTITUTO
DE GEOLOGÍA
Y RECURSOS
MINERALES

SEGEMAR
SERVICIO GEOLÓGICO
MINERO ARGENTINO

ATLAS DE ASOCIACIONES PARAGENÉTICAS DE MENAS DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

Susana Segal y Sabrina Crosta

SEGEMAR
SERVICIO GEOLÓGICO
MINERO ARGENTINO

Instituto de Geología y Recursos Minerales

Serie Publicaciones Nº 172

Buenos Aires 2011

SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO

Presidente Ing. Jorge Mayoral
Secretario Ejecutivo Lic. Pedro Alcántara

INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES

Director Lic. Roberto F. N. Page

DIRECCIÓN DE RECURSOS GEOLÓGICO MINEROS

Director Dr. Eduardo O. Zappettini

SEGEMAR

Avenida Julio A. Roca 651 | 10º Piso | telefax 4349-4114/3115
(C1067ABB) Buenos Aires | República Argentina
www.segemar.gov.ar | info@segemar.gov.ar

Esta publicación debe citarse como:

Segal, S. y Crosta, S., 2011. Atlas de asociaciones paragenéticas de menas de la República Argentina. Serie Publicaciones N° 172. Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR, Buenos Aires.

Fotos de tapa:

Fila superior, de izquierda a derecha: asociación de pirita, esfalerita, tetraedrita y calcopirita de mina Capillitas (sin analizador); cobre nativo de Eureka (sin analizador); plata nativa mirmequítica en pirita de mina Martha (con aceite y sin analizador); oro nativo junto a pirita de Huevos Verdes (sin analizador); idaita en bornita de Las Cuevas (con analizador).

Fila inferior, de izquierda a derecha: barbas de sericita en galena de Aguilar (sin analizador); sperryllita junto a calcopirita de Las Águilas (con aceite y sin analizador); calcopirita *disease* de Bajo de la Alumbrera (sin analizador); *flames* de calcopirita en bornita con reemplazo por digenita de Taca Taca Alto (sin analizador); umanguita y klockmannita de Co. Cacho-Sa. Umango (con analizador).

Foto fondo: Pirrotina con *kinkbanding* de La Colorada (con analizador).

ISSN 0328-2333

Es propiedad del SEGEMAR • Prohibida su reproducción

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
A) Depósitos asociados a rocas máficas y ultramáficas	2
1) Cromita podiforme	2
2) Fe-Ti en gabros-piroxenitas	4
3) Ni-Cu-Co-PGE (-Cr)	6
B) Pórfiros y depósitos asociados	12
1) Pórfiros de Cu (\pm Mo \pm Au)	12
2) Chimeneas de brecha (Cu-Bi-Au)	15
3) Depósitos tipo IOCG (<i>iron oxides-copper-gold</i>)	17
C) Depósitos metasomáticos	19
1) Skarn	19
Skarn plumbo-cincífero	19
Skarn ferrífero	22
Skarn aurífero	24
2) Greisen de Sn-W	25
D) Vetas asociadas a granitoides	27
1) Vetas de W	27
2) Vetas de Cu	29
3) Vetas polimetálicas	30
E) Depósitos epitermales asociados a rocas volcánicas	32
1) Depósitos de baja sulfuración o del tipo adularia-sericita	32
2) Depósitos auríferos de alta sulfuración o del tipo alunita-caolinita	37
3) Depósitos polimetálicos y de sulfuración intermedia	39
4) Depósitos polimetálicos ricos en Sn	48
5) Depósitos diseminados distales	51
6) Depósitos polimetálicos ricos en Se-Cu-Hg	53
F) Depósitos exhalativos y volcanogénicos	55
1) Fe tipo Algoma	55
2) Mn-(Fe)	57
3) Sulfuros Masivos Volcanogénicos (VMS)	59
4) SEDEX Pb-Ag-Zn-Cu	62
G) Depósitos asociados a rocas sedimentarias	66
1) Cu y U-Cu-V en areniscas	66
2) Depósitos de Zn-Pb en calizas	68
3) Formación ferrífera (tipo <i>Clinton</i> o <i>Minette</i> , <i>ironstone</i>)	70
H) Depósitos asociados a volcanismo subaéreo	72
1) Cu tipo manto	72
2) Fe tipo Laco (tipo Kiruna)	74

I) Depósitos de ambientes orogénicamente activos	76
1) Grafito	76
2) Au mesotermal	77
Vetas auríferas asociadas a turbiditas (tipo Bendigo)	77
Au en zonas de cizalla	79
3) Vetas de Sb	81
4) Vetas ricas en Ni-Co-As-Ag ± (Bi,U) (vetas de los cinco elementos)	82
Depósitos ricos en As-Ni-Co-U	82
Depósitos ricos en As-Ni-Co-Au	82
J) Depósitos de placer de Au y EGP	84
K) Depósitos residuales y de alteración	87
Formación ferrífera laterítica	87
 BIBLIOGRAFÍA	 88
 ANEXOS	
ANEXO 1: UBICACIÓN DE LOS YACIMIENTOS	103
ANEXO 2: DIAGRAMAS PARAGENÉTICOS	104
 Índice por depósito	 113
Índice de fotomicrografías por mineral	114

INTRODUCCIÓN

El estudio de minerales opacos mediante el microscopio de luz reflejada es considerado la técnica más importante para la identificación de los minerales metalíferos que, junto a la caracterización de sus relaciones texturales, conduce a la determinación de la paragénesis del yacimiento mineral. Este estudio, conocido tradicionalmente como microscopía de mena ("*calcografía*"), tiene una importante aplicación en la investigación de los depósitos minerales desde el punto de vista científico y económico.

El *Atlas de Asociaciones Paragenéticas de Menas de la República Argentina* presenta una síntesis de las principales asociaciones paragenéticas de depósitos metalíferos del país ordenadas de acuerdo con su ambiente geológico de formación, y está dirigido a estudiantes y profesionales de las ciencias geológicas que quieran familiarizarse con este tipo de estudio, de gran importancia en el análisis de la génesis de los yacimientos.

Si bien existe un número importante de textos que brinda aspectos teóricos y tablas con características ópticas de los minerales de mena más comunes, esta contribución pone énfasis en las asociaciones paragenéticas de los minerales de mena en cada tipo de depósito, con ejemplos clásicos de yacimientos argentinos junto con más de doscientas fotomicrografías a color; cada una acompañada por una descripción de la asociación mineralógica observada. También se incluyeron algunas fotografías de muestras de mano para mostrar texturas sobresalientes.

Las abreviaturas utilizadas para señalar los minerales en cada fotomicrografía corresponden a las indicadas en la "Normativa para las Cartas Minero-Metalogenéticas de la República Argentina" del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR).

Con el objetivo de ilustrar mejor las secuencias paragenéticas de los diferentes tipos de mo-

delos de yacimientos, se ha incluido un anexo donde se recopilan los diagramas paragenéticos de algunos de los depósitos incluidos en esta obra. En éste, el lector podrá apreciar las diversas maneras de diagramar la secuencia de precipitación de las diferentes asociaciones de minerales metalíferos.

La bibliografía utilizada para obtener información sobre los diferentes tipos de modelos de depósitos fue extraída de las siguientes fuentes: Cox y Singer (1986), Malvicini y Saulnier (1987), Pirajno (1992, 2009), Craig y Vaughan (1994), Eckstrand *et al.* (1995), Lefebure y Ray (1995), Lefebure y Hoy (1996), Zappettini (1999a) y Hedenquist *et al.* (2000). También se consultaron los siguientes *websites*: <http://www.cec.uchile.cl/~vmaksaev>; <http://www2.udec.cl/~menas/>; <http://www.empr.gov.bc.ca/Mining/Geoscience/MineralDepoProfile>

Parte de las muestras fotografiadas corresponde a diversos proyectos geológico-mineros que actualmente se encuentran en el repositorio de pulidos calcográficos del SEGEMAR. Otras fueron aportadas por diferentes colegas y empresas mineras a quienes hacemos llegar nuestro agradecimiento; ellos son:

Barrick Gold Corporation
 Brodtkorb, M. K. de
 Ferracutti, G.
 Franchini, M.
 Gonzalez, O.
 Gozálvez, M.R.
 Machuca, B. C. de
 Marcos, O.
 Minera Argenta S.A.
 Ramallo, E.
 Rubinstein, N.
 Sureda, R.
 Testa, F.J.
 Zappettini, E.O.
 Zubia, M.

A) DEPÓSITOS ASOCIADOS A ROCAS MÁFICAS Y ULTRAMÁFICAS

1) CROMITA PODIFORME

Modo de yacencia

Consisten en cuerpos lentiformes, tabulares o podiformes de cromitas, alojados en peridotitas y piroxenitas serpentinizadas o anfibolitizadas. Se originaron en ambientes oceánicos (dorsales, cuencas de retroarco, zonas de fallas transformantes y zonas basales de arcos de islas) y fueron subsecuentemente emplazados en cinturones orogénicos. Históricamente, estos cuerpos fueron conocidos como "tipo alpino".

Mineralogía

- Mayoritarios: cromita, magnetita, ilmenita
- Minoritarios: hematita, pirrotina, pentlandita, calcopirita, rutilo, minerales del grupo del platino

Asociación de minerales metalíferos y texturas

En la paragénesis predominan los minerales del grupo del espinelo (principalmente miembros de las series cromita y magnetita), acompañados frecuentemente por ilmenita. La hematita es un mineral común como producto de oxidación de la magnetita. Como minerales minoritarios, pueden aparecer sulfuros de Fe, Ni y Cu como la pirrotina, pentlandita y calcopirita; y minerales del grupo del platino como trazas.

Los granos de cromita suelen aparecer diseminados o en concentraciones masivas (70 a 90%), con tamaños variables entre decenas de micrómetros hasta algunos centímetros en su dimensión mayor.

Son comunes las texturas: cumulares con cristales euhedrales, nodulares (masas elípticas o redondeadas de cromita en una matriz de silicatos), orbiculares (nódulos de cromita con bordes de olivina en una matriz de cromita de grano grueso) y en forma de cadenas. También son frecuentes los granos con fracturas tipo *pull apart*, generalmente rellenas por serpentina.

Los fenómenos de metamorfismo y alteración que pudieron sufrir estos depósitos produjeron importantes modificaciones texturales y compo-

sicionales, como la formación de bordes de ferricromita en el espinelo, y menas de texturas bandeadas.

Ejemplo

Distritos cromíferos de la Sierras de Córdoba, provincia de Córdoba (Atos Pampa, Los Guanacos, San Lorenzo y Los Permanentes).

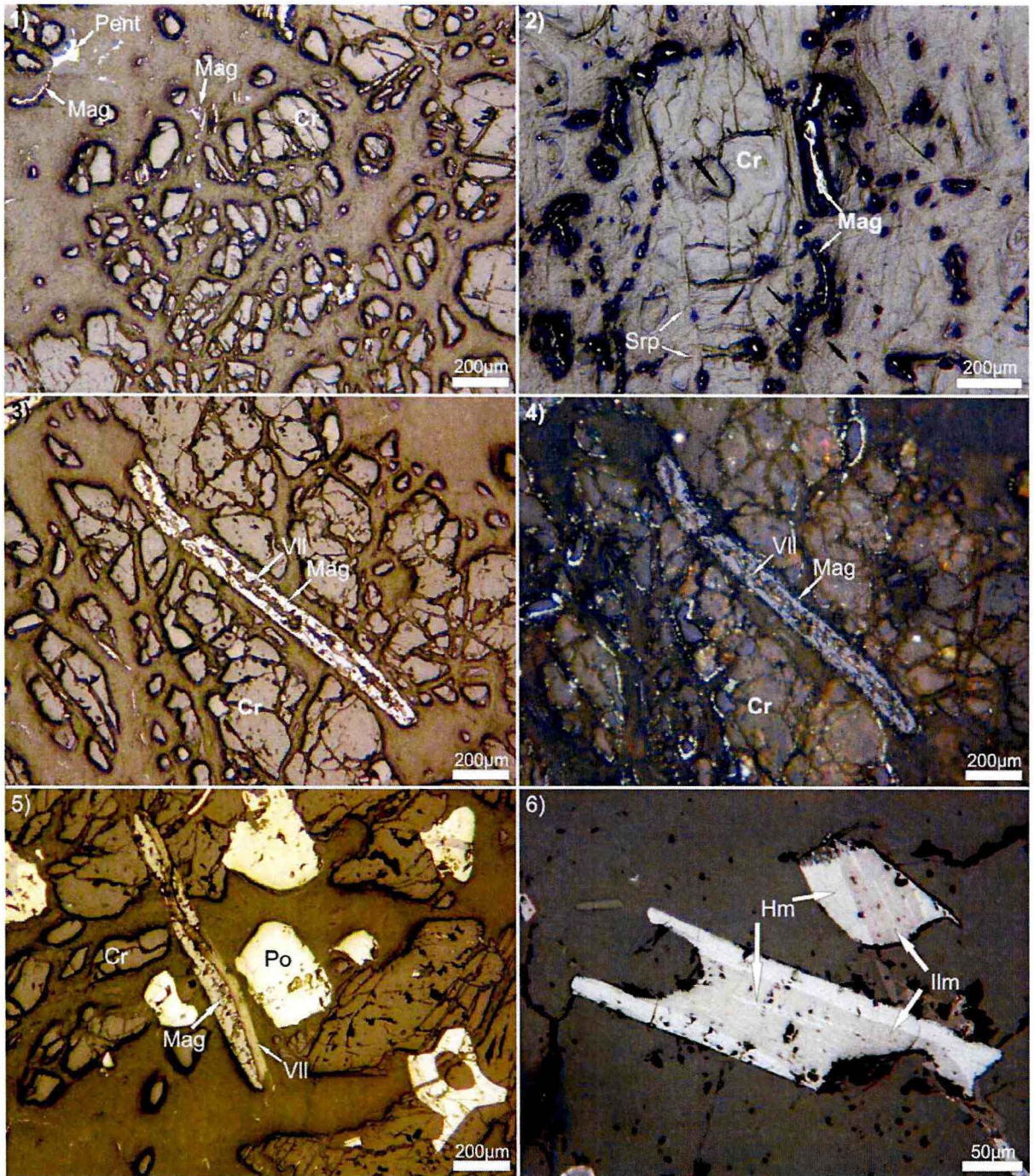
Los depósitos de cromita de las Sierras de Córdoba se agrupan en distritos mineros ubicados en la vertiente oriental de la Sierra de Comechingones. Forman parte de la faja occidental de rocas ultrabásicas de Córdoba, interpretada como una secuencia ofiolítica desmembrada, de edad neoproterozoica (Fernández Gianotti 1977, Cosentino y Mutti 1982, Villar 1985, Bonalumi y Gigena 1987, Mutti 1987, 1992, 1994a y 1997; Mutti y DiMarco 1992, Escayola 1994, Escayola *et al.* 1996 y 2004, Escayola y Pimentel 2005).

Las cromitas de estos distritos se presentan en forma de nidos, guías lenticulares, rosarios y cuerpos irregulares (Villar *et al.* 1992, Escayola *et al.* 1996 y 2004, Mutti 1999), que suelen aparecer diseminadas o en concentraciones masivas de hasta 85%, con tamaños de grano que puede variar desde los 20 μm hasta los 5-7 milímetros (fotomicrografías 1, 2, 3, 4 y 5). Los individuos pueden presentar exsoluciones moteadas y gráficas, son comunes también las inclusiones de silicatos, carbonatos, óxidos, sulfuros, aleaciones y minerales del grupo del platino (Villar *et al.* 1995, Proenza *et al.* 2005). Es frecuente la zonalidad de los granos con núcleos oscuros y bordes claros con mayor reflectividad, como reflejo de un enriquecimiento en Cr, Fe y Mn hacia los bordes y un empobrecimiento en Al y Mg con respecto al núcleo del cristal (Mutti 1994b, Rabbia *et al.* 1993).

La magnetita se presenta, en general, con hábito arborescente (fotomicrografías 1, 2, 3, 4 y 5), total o parcialmente martitizada regularmente y con exsolución de tablillas de ilmenita o hematita.

Otro producto de la serpentización, además de la formación de magnetita arborescente, son las laminillas de valleriita (fotomicrografías 3, 4 y 5).

La ilmenita puede tener exsolución o estar reemplazada en sus bordes por hematita (fotomicrografía 6).



Fotomicrografía 1: Distrito Atos Pampa, La Bélgica. Cromita (Cr) nodular y escasa magnetita arborescente (Mag) y pentlandita diseminada (Pent). Sin analizador.

Fotomicrografía 2: Distrito Los Guanacos. Magnetita (Mag) arborescente alrededor de un grano de cromita (Cr) fracturado y con las fracturas rellenas por serpentina (Srp). Sin analizador.

Fotomicrografías 3 y 4: Distrito Atos Pampa, La Bélgica. Cromita (Cr) nodular y magnetita arborescente (Mag) asociada a vallerita (VII). Sin y con analizador, respectivamente.

Fotomicrografía 5: Distrito Atos Pampa, La Bélgica. Cromita (Cr) nodular, magnetita arborescente (Mag) asociada a vallerita (VII), y pirrotina diseminada (Po). Sin analizador.

Fotomicrografía 6: Distrito Cerro San Lorenzo. Granos de ilmenita (Ilm) con exsolución y reemplazo de hematita (Hm). Sin analizador.

Muestras del proyecto "Cromitas podiformes de las Sierras Grandes de Córdoba" (1992-1995, Servicio Minero Nacional). Repositorio de pulidos calcográficos del SEGEMAR.

2) Fe-Ti EN GABROS-PIROXENITAS

Modo de yacencia

Conforman capas, mantos o lentes que se alojan en complejos intrusivos, estratificados o macizos, de composiciones gábricas, noríticas, anortosíticas, piroxeníticas y/o sieníticas subalcalinas y alcalinas que se encuentran en áreas cratónicas y en ambientes corticales profundos. En general, en los complejos estratificados, puede observarse una zonación de la mineralización con un predominio de cromititas en la secuencia basal ultrabásica del complejo, luego depósitos de sulfuros de Fe, Ni y Co en niveles más básicos, hasta llegar a los óxidos de Fe-Ti en la secuencia gábrica.

Mineralogía

- Mayoritarios: magnetita, ilmenita, ulvöespinelo, hematita
- Minoritarios: pirita, calcopirita, pirrotina, pentlandita, rutilo

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La paragénesis de estos depósitos se compone principalmente de magnetita, generalmente titanífera y acompañada por ilmenita, en granos que pueden alcanzar hasta 1 cm en su dimensión mayor. La hematita puede estar presente como granos anhedrales o, más comúnmente, como bordes o láminas en magnetita y/o ilmenita.

Son frecuentes las texturas de exsolución; algunos ejemplos son las exsoluciones laminares de ulvöespinelo o ilmenita en magnetita, las lentes de hematita en ilmenita, o viceversa.

La alteración de magnetita a hematita (martitización) puede ser regular o irregular. En el primer caso, se produce un enrejado triangular de hematita lamelar que rellena los planos octaédricos. Esta textura, sin embargo, no es tan regular como la producida por exsolución de la hematita en la magnetita.

La oxidación de ilmenita o magnetita titanífera da lugar a la aparición de bordes e intercrecimientos entre rutilo, pseudobrookita y hematita.

Ejemplos

Cerro Cascabel y Cerro Rico, Sierra de Ancasti, provincia de Catamarca

Se ubican en el extremo sudoriental de la Sierra de Ancasti, departamento El Alto y consisten en metagabros hornbléndicos y metaultramafitas anfibólicas de edad cámbrica (Bassi 1952, Beder 1952, Schalamuk *et al.* 1980, Schalamuk y Curci 1999).

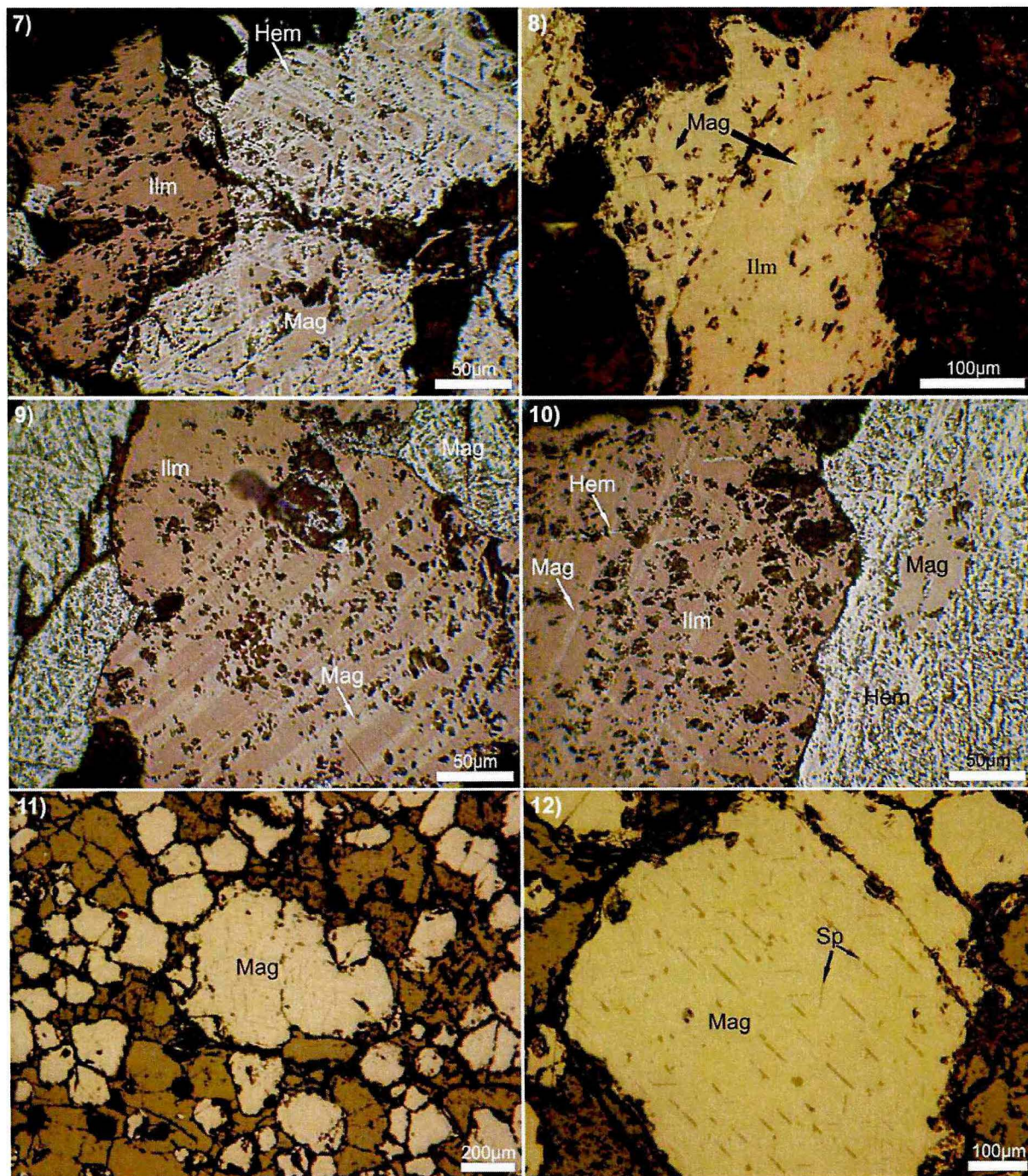
Los óxidos de hierro y titanio aparecen disseminados en las rocas ultramáficas, en agregados cumulares o como cuerpos vetiformes. La ilmenita (fotomicrografías 7, 8, 9 y 10) es el mineral opaco dominante, contiene abundantes exsoluciones de magnetita y hematita y está acompañada por magnetita usualmente martitizada (fotomicrografías desde 7, 9 y 10), calcopirita, pirrotina y pentlandita. Suele presentar inclusiones de calcopirita que, en el caso del Cerro Cascabel, se encuentran sustituidas parcial o totalmente por pirrotina asociada a escasa pentlandita (Schalamuk y Curci 1999).

Complejo alcalino Puesto La Peña, provincia de Mendoza

Se localiza en la Precordillera mendocina, 20 km al nor-noroeste de la ciudad de Mendoza.

Consiste en un cuerpo de edad miocena compuesto por una fase piroxenítica intruida por sienitas máficas alcalinas, que es intersectado por diques anulares y radiales traquíticos (Zappettini *et al.* 2005).

El mineral metalífero más abundante de las piroxenitas es la magnetita, en general rica en Ti, la cual aparece en cristales con tendencia euédral o bien redondeados (fotomicrografía 11). Suele presentar desmezclas laminares de ilmenita y espinelos según arreglo cúbico y octaédrico (fotomicrografía 12), y hallarse martitizada (Villar *et al.* 2002). Zappettini *et al.* (2009) observan, a partir de imágenes de microscopio electrónico de barrido, que la magnetita titanífera está constituida por un intercrecimiento de dos fases: magnetita y ulvöespinelo. Los mencionados autores también identificaron una densa red de desmezclas de espinelo aluminico que acompaña a las de ulvöespinelo.



Fotomicrografía 7: Cerro Cascabel. Ilmenita (Ilm) junto a magnetita martitizada (Mag). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 8: Cerro Cascabel. Grano de ilmenita (Ilm) con una inclusión de magnetita (Mag) con borde de hematita. Sin analizador.

Fotomicrografía 9: Cerro Cascabel. Ilm (Ilm) con exsoluciones laminares de magnetita (Mag), junto a magnetita totalmente martitizada (Mag). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 10: Cerro Cascabel. Ilmenita (Ilm) con exsoluciones de magnetita (Mag) y de hematita (Hem), asociada a granos de magnetita parcialmente martitizada (Mag). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 11: Puesto La Peña. Magnetita (Mag) diseminada. Sin analizador.

Fotomicrografía 12: Puesto La Peña. Magnetita (Mag) con desmezclas de espinelos (Sp). Sin analizador.

Las muestras del Cerro Cascabel son gentileza de Osvaldo González.

Las muestras de Puesto La Peña son gentileza de Eduardo Zappettini.

3) Ni-Cu-Co-PGE (-Cr)

Modo de yacencia

La mineralización se presenta diseminada o como cuerpos macizos (clavos mineralizados), en rocas máficas y ultramáficas intrusivas o extrusivas (gabros, basaltos, peridotitas y noritas) características de ambiente extensional.

Mineralogía

- Mayoritarios: pirrotina, pentlandita, calcopirita, piritita, magnetita
- Minoritarios: cubanita, mackinawita, minerales del grupo del platino, millerita, violarita, bravoíta, valleriíta, awaruita, heazlewoodita, oro nativo, *electrum*, cobaltina

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La paragénesis de estos depósitos consiste en asociaciones de sulfuros de Fe-Ni-Cu con minerales del grupo del platino subordinados.

Uno de los minerales más abundantes es la pirrotina, de estructura maciza o diseminada. Existen dos variedades de pirrotina, la monoclinica y la hexagonal, que comúnmente aparecen entremezcladas en granos irregulares y, menos frecuentemente, una como maclas lamelares torcidas irregularmente en la matriz de la otra. En las pirrotinas de alta temperatura, a menudo, se observan exsoluciones lamelares torcidas, un poco más claras y menos anisótropas, que corresponden a pirrotina monoclinica.

La pirrotina suele estar alterada a una mezcla de grano muy fino de piritita-marcasita conocida como "producto intermedio", en ocasión con textura de *bird eye* ("ojo de pájaro").

La pentlandita puede encontrarse de dos maneras: en venillas intersticiales en pirrotina, calcopirita y magnetita; y como láminas orientadas o *flames* exseltas en la pirrotina.

La calcopirita se presenta en agregados anhedral y venillas; es común que contenga exsoluciones tipo *flames* de mackinawita y tabulares de cubanita.

Estos sulfuros suelen estar acompañados por magnetita, la cual aparece euhedral, redondeada o en forma de cristales esqueléticos diseminados en pirrotina. Puede ser titanífera y contener exsoluciones de ilmenita o ulvöespinelo.

Los fenómenos de serpentinización pudieron conducir a la formación de magnetita arborescente y aparición de awaruita, heazlewoodita y millerita secundaria.

Ejemplos

Complejo estratificado Fiambalá, provincia de Catamarca

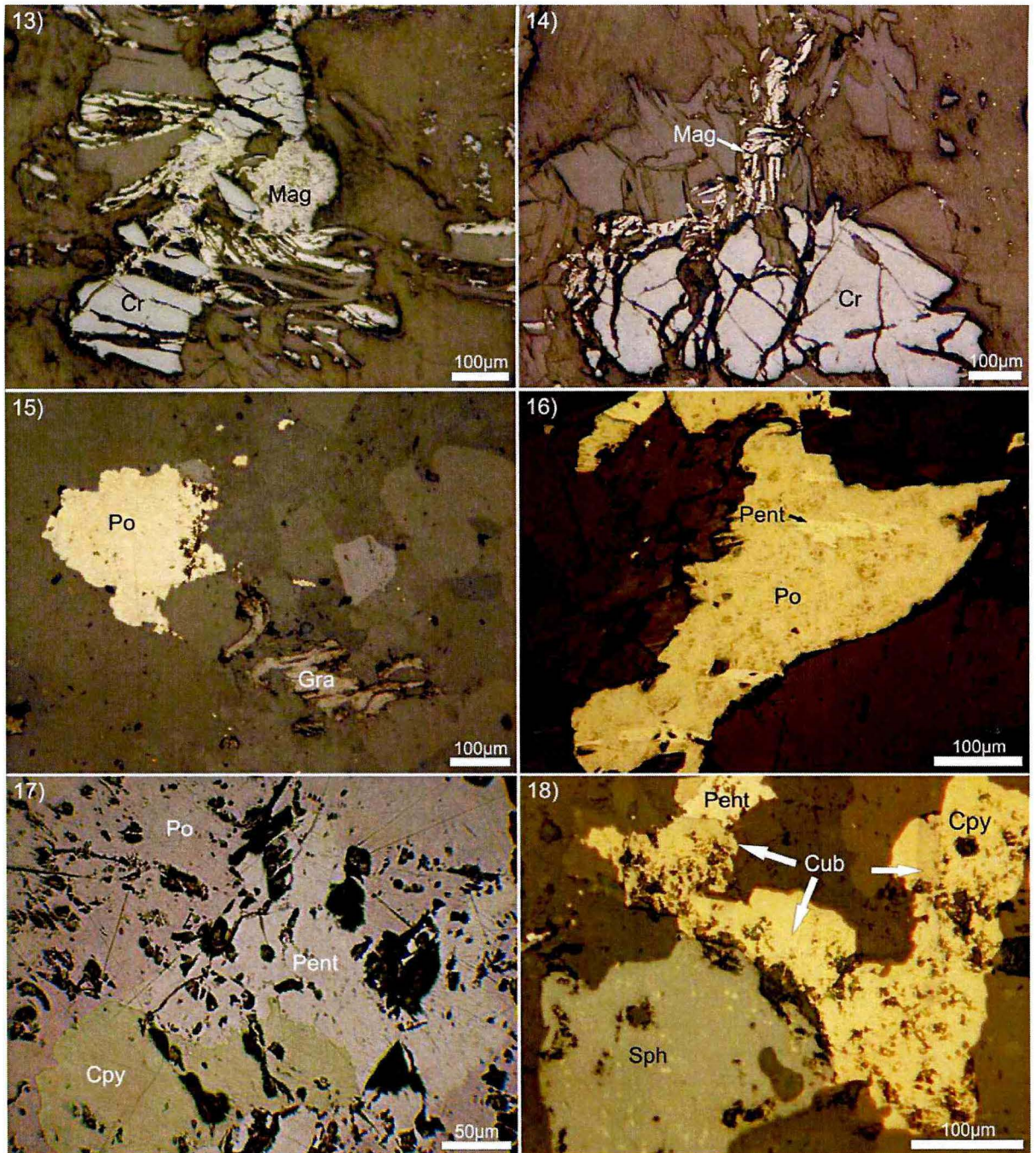
Se encuentra ubicado en la Sierra de Fiambalá, 30 km al noroeste de la ciudad de Tinogasta. Consiste en un complejo de rocas básicas y ultrabásicas, afectado por metamorfismo regional en facies anfibolita+granulita, alojado en la sección inferior del arco magmático famatiniano (cambro-ordovícico) (Grissom *et al.* 1992, Page *et al.* 1992, De Bari 1994, Villar y Escayola 1996, Villar y Segal 1999).

El complejo presenta tres tipos diferentes de asociaciones paragenéticas de minerales metalíferos (Villar *et al.* 1983, Villar y Segal 1988).

La asociación de minerales opacos en las rocas ultramáficas (dunitas, lherzolitas, wherlitas y websteritas) consiste en cromita, magnetita, heazlewoodita y oro nativo (Villar *et al.* 1983). La cromita se observa en cristales cumulares euhedrales y/o anhedral, cortados por venillas de serpentina y rodeados por magnetita arborescente (fotomicrografías 13 y 14). De acuerdo a Puglisi *et al.* (1990), la cromita presenta zonalidad con incremento de Fe hacia los bordes de los granos.

El segundo tipo de asociación mineralógica se encuentra en la gabronorita con pirrotina, calcopirita, pentlandita, ilmenita, mackinawita, grafito (fotomicrografía 15) y piritita. La pirrotina se presenta diseminada en granos que pueden alcanzar hasta los 800 micrómetros. Suele presentar exsolución tipo *flames* de pentlandita (fotomicrografía 16), inclusiones de mackinawita y calcopirita, y es común que se encuentre alterada a "producto intermedio" o marcasita. Con respecto a la pentlandita, se reconocen dos generaciones: una de textura granular intercumular de alta temperatura y otra tardía que está intercrecida con los granos de pirrotina (fotomicrografía 17) o dispuesta entre los silicatos (Villar *et al.* 1983).

Se reconoció, además, una tercera asociación mineralógica relacionada a una etapa de removilización hidrotermal que afectó a los metasedimentos calcosilicáticos. Consiste en un horizonte compuesto por sulfuros: calcopirita, pirrotina, pentlandita, galena, esfalerita, bornita, cubanita,



Fotomicrografías 13 y 14: Complejo Estratificado Fiambalá, perforación 2, profundidad 108 metros. Cromita (Cr) fracturada, penetrada y rodeada por magnetita arborescente (Mag). Sin analizador.

Fotomicrografía 15: Complejo Estratificado Fiambalá, perforación 2, profundidad 122 metros. Laminilla de grafito (Gra) levemente flexurada y pirrotina (Po) diseminada. Sin analizador.

Fotomicrografía 16: Complejo Estratificado Fiambalá, perforación 1, profundidad 141 metros. Grano de pirrotina (Po) con exsoluciones tipo *flames* de pentlandita (Pent). Sin analizador.

Fotomicrografía 17: Complejo Estratificado Fiambalá, perforación 1, profundidad 122 metros. Agregado granular constituido por pirrotina (Po), pentlandita (Pent) y calcopirita (Cpy). Sin analizador y en inmersión con aceite.

Fotomicrografía 18: Complejo Estratificado Fiambalá, perforación 2, profundidad 149,83 metros. Esfalerita (Sph) con calcopirita *disease*, calcopirita (Cpy) con exsoluciones tabulares de cubanita (Cub), y pentlandita (Pent) granular. Sin analizador.

Muestras del "Plan NOA, área de reserva nº 47 Fiambalá-Zapata" (1976-1988, Servicio Minero Nacional).
Repositorio de pulidos calcográficos del SEGEMAR.

digenita y covellina (fotomicrografía 18), más la presencia de oro nativo y grafito (Villar *et al.* 1983).

Las rocas portadoras de EGP son las lherzolitas y websteritas (Villar *et al.* 1996).

Villar *et al.* (1983) dividen la secuencia paragenética en cuatro estadios (Fig.1 en anexo 2). En los estadios I y II, se formaron minerales ubicados en un período temprano de depositación magmática, contemporáneos con la roca que los alberga (cromita, magnetita, pirrotina, pentlandita, calcopirita, cubanita, mackinawita, esfalerita y galena). En la etapa III, los minerales incluidos (magnetita, violarita, oro nativo, awaruita y heazlewoodita) se originaron a partir de un proceso postmagmático iniciado por la presencia de vapor de agua que causó parcial serpentinización. Durante el estadio IV, los minerales son productos de alteración (marcasita, pirita, bornita, covellina y "limonitas").

Las Águilas, provincia de San Luis

Se encuentra 30 km al noreste de la ciudad de San Luis. La mineralización se aloja en cuerpos noríticos que integran la faja de rocas máficas-ultrámáficas de la Sierra Grande de San Luis (Sabalúa *et al.* 1981, Brogioni 1992 y 1994, Malvicini y Brogioni 1992, 1993 y 1996; Delpino *et al.* 2002, Gervilla *et al.* 1993, Bjerg *et al.* 1997, Felfernig *et al.* 1997, Ferracutti 2005).

Los minerales de mena se presentan en los contactos entre cristales de silicatos, como rellenos de fracturas que atraviesan a los silicatos (fotografía 19) y a los espinelos, y como inclusiones dentro de las fases silicatadas. Presentan texturas de reemplazo pseudomórfico, caries directa e inversa con respecto a otras fases de minerales opacos y/o respecto a los silicatos (Ferracutti *et al.* 2007). Malvicini y Brogioni (1992) describen el pasaje gradual de una mena diseminada a una interbrecha donde la matrix está constituida por los minerales de mena y, finalmente, a una mena masiva.

Dentro de la secuencia paragenética, se reconocen dos etapas de mineralización (Fig.2 en anexo 2): una primaria con una paragénesis de pirrotina-pentlandita-calcopirita-minerales del grupo del platino-cubanita con textura tipo inters-

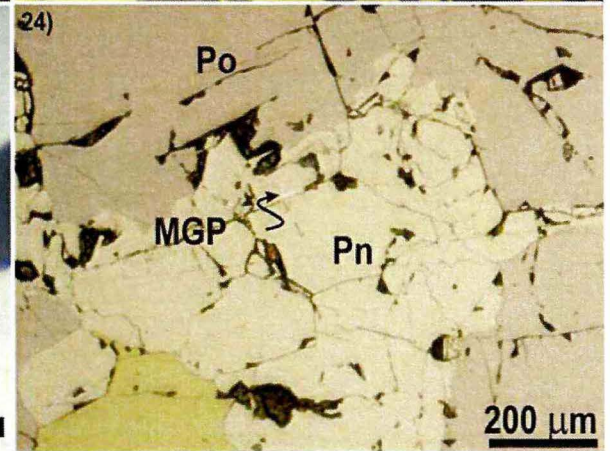
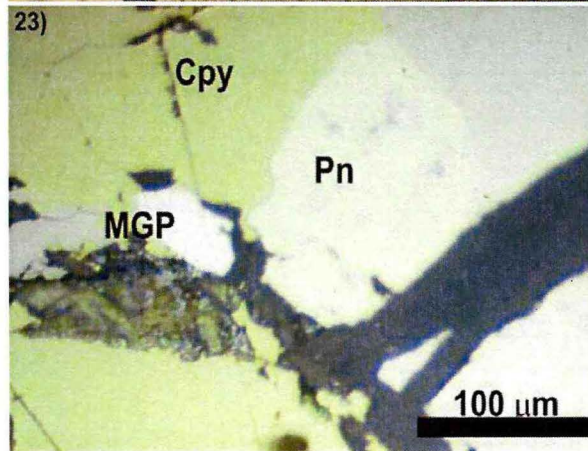
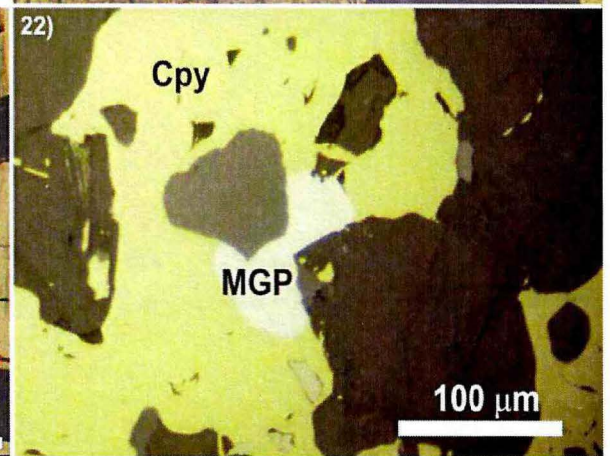
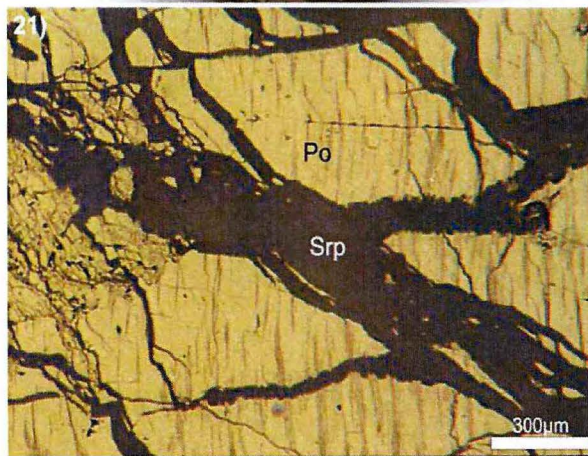
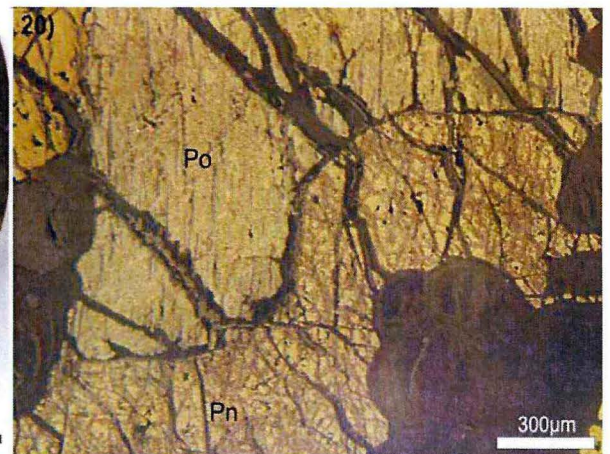
ticial y nodular, que ha sufrido deformación frágil; y una etapa de removilización hidrotermal con una asociación de pirrotina-calcopirita-pentlandita-minerales del grupo del platino-pirita-mackinawita que aparece en venillas masivas o diseminada y con predominio de deformación dúctil (Ferracutti *et al.* 2007).

Malvicini y Brogioni (1992) reconocen, además, una alteración supergénica evidenciada por la presencia de bravoíta, violarita, greigita, marcasita, pirita secundaria, covellina, digenita, goethita y hematita.

De acuerdo a Ferracutti *et al.* (2007), la pirrotina es el sulfuro más abundante. En general, presenta exsoluciones de pentlandita tipo *flame*, y se encuentra alterada a "producto intermedio" (fotomicrografía 20), en ocasiones con desarrollo de texturas tipo *bird eyes*. La pirrotina de la etapa magmática se encuentra como inclusiones en silicatos o en agregados granulares entre los minerales transparentes, frecuentemente asociada a calcopirita. Los granos suelen encontrarse fracturados y las fracturas rellenas por serpentina. Por otra parte, la pirrotina de la etapa hidrotermal se encuentra diseminada o en microvenillas que atraviesan los minerales del grupo del espinelo y/o silicatos. Esta generación de pirrotina suele mostrar sus líneas de clivaje curvadas (fotomicrografía 21).

La pentlandita aparece como exsolución en pirrotina, en muestras de superficie, y como agregados granulares desarrollados a partir de contactos y fracturas de pirrotina, en muestras de perforación. Se altera a bravoíta y, rara vez, a violarita (Ferracutti *et al.* 2007).

Los minerales del grupo del platino consisten en platino nativo, telururos de Pd-Ni-Pt y sulfoarseniuros (Sabalúa *et al.* 1981, Bjerg *et al.* 1996, Gervilla *et al.* 1993, 1994 y 1997; Hauzenberger *et al.* 1997, Mogessie *et al.* 1995 y 2000, Ferracutti y Bjerg 2002, Ferracutti 2005, Ferracutti *et al.* 2007) y se observan en bordes de granos de calcopirita y esfalerita (fotomicrografías 22 y 23), fracturas e inclusiones en sulfuros (fotomicrografía 24) y, en menor proporción en espinelos y en minerales del grupo de la serpentina.



Fotografía 19: Las Águilas. Mineralización en venillas que atraviesan silicatos.

Fotomicrografía 20: Las Águilas. Reemplazo de pirrotina (Po) por "producto intermedio", y de pentlandita (Pn) por violarita. Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 21: Las Águilas. Pirrotina de la etapa hidrotermal (Po) con sus líneas de clivaje deformadas.

Venillas de serpentina (Srp). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografías 22 y 23: Las Águilas. Minerales del grupo del platino (MGP) en bordes de granos de sulfuros. Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 24: Las Águilas. Mineral del grupo del platino (MGP) incluido en pentlandita (Pn). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Las fotografías son gentileza de Gabriela Ferracutti.

Minas La Salamanca y La Barrera, Cordillera Frontal, provincia de Mendoza

Se ubican en las estribaciones orientales del Cordón del Portillo, 35 km al noroeste de la localidad de Tupungato. Estas manifestaciones se encuentran emplazadas en la faja ofiolítica de Cordillera Frontal, representada en el área por los complejos ultrabásicos Novillo Muerto y La Barrera (Gonzalez Stegemann 1949, Villar 1969, 1970, 1985 y 2008; Villar *et al.* 1982, Bjerg 1985, Villar y Donnari 1989a y b, Bjerg *et al.* 1990 y 1993, Villar y Escayola 1996 y 1999, Gregori y Bjerg 1997, Gregori *et al.* 1997, Gargiulo y Bjerg 2006, Villar y Segal 2007).

En el caso de la mina Salamanca, Sánchez-Anguita *et al.* (1995) y Bjerg *et al.* (1999) reconocen dos tipos de mineralización. Una está vinculada a la zona de falla con pirrotina-pentlandita-calcopirita-esfalerita como mayoritarios, en tanto la otra se encuentra relacionada con el proceso de serpentización, con pirrotina y pentlandita como dominantes.

El mineral predominante suele ser la pirrotina, que en algunos sectores puede aparecer deformada y reemplazada por calcopirita y por "producto intermedio" (fotomicrografías 25 y 30). La calcopirita es abundante y presenta exsolución en

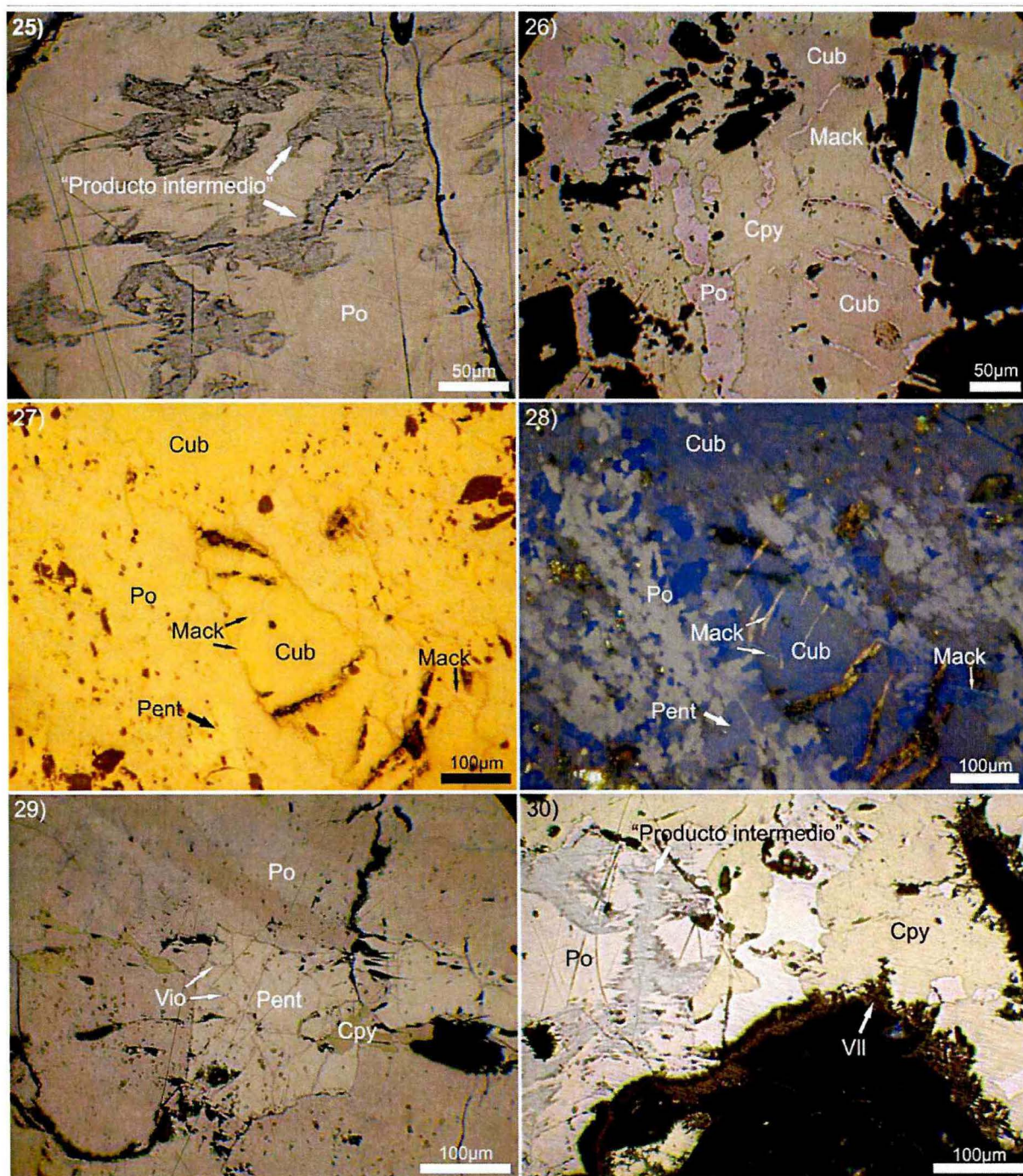
forma de tablillas de cubanita, husos de mackinawita (fotomicrografías 26, 27 y 28), y escasas esfaleritas y formas esqueléticas de esfalerita. La esfalerita puede conformar agregados de hasta varios milímetros y contener calcopirita *disease* (Brodtkorb 1972).

Con respecto a la pentlandita, en la mina Salamanca, se han reconocido dos variedades: la cobalto-pentlandita (Brodtkorb 1970, Sánchez-Anguita *et al.* 1995) y la argentopentlandita (Bjerg y Brodtkorb 2002). Esta última aparece incluida en calcopirita y asociada a mackinawita, su color pardo-rosado y baja reflectividad permiten diferenciarla de la cobalto-pentlandita, la cual suele asociarse a pirrotina.

En la mina La Barrera, la cubanita, que llega a ser un componente abundante, se encuentra en granos anhedrales de centenas de micrómetros intercrecidos con la calcopirita, pirrotina (fotomicrografías 26, 27 y 28) y esfalerita (Villar y Donnari 1989a).

La pentlandita se presenta, en ocasiones, alterada a violarita (fotomicrografía 29).

Como productos de serpentización, son frecuentes la magnetita arborescente y la valleriita en microvenillas y en bordes de alteración en sulfuros primarios (fotomicrografía 30).



Fotomicrografía 25: Mina La Salamanca. Pirrotina (Po) parcialmente reemplazada por "producto intermedio". Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 26: Mina La Barrera. Calcopirita (Cpy) con exsoluciones de cubanita (Cub) y vermiformes de mackinawita (Mack), con pirrotina asociada (Po). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografías 27 y 28: Mina La Barrera. Calcopirita (Cpy) con exsoluciones de cubanita (Cub) y mackinawita (Mack), asociada a pirrotina poligranular (Po) y escasa pentlandita (Pent). Sin y con analizador, respectivamente.

Fotomicrografía 29: Mina La Salamanca. Pentlandita (Pent) penetrada por microvenillas de violarita (Vio), junto a pirrotina (Po) y calcopirita (Cpy). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 30: Mina La Salamanca. Valleriita (VII) reemplazando un agregado de pirrotina (Po), parcialmente reemplazada por "producto intermedio", y calcopirita (Cpy). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Muestras del proyecto "Faja máfica-ultramáfica de Cordillera Frontal" (1969-1991, Servicio Minero Nacional). Repositorio de pulidos calcográficos del SEGEMAR.

B) PÓRFIROS Y DEPÓSITOS ASOCIADOS

1) PÓRFIROS DE Cu (\pm Mo \pm Au)

Modo de yacencia

La mineralización se presenta diseminada, en venillas y *stockworks*, vinculada a *stocks* epizonales con texturas porfíricas. Se asocia espacial y genéticamente con la alteración hidrotermal (potásica, fílica, argílica y propilítica) que afecta a la intrusión y a la roca de caja.

Los intrusivos vinculados con este tipo de mineralización rica en Cu (\pm Mo \pm Au) se generaron en ambiente convergente, en zonas de arco y retroarco, generalmente vinculados a etapas de horizontalización de la placa subductada. Se clasifican de acuerdo con las asociaciones metálicas principales y sus proporciones relativas, en pórfiros de Cu, Cu-Mo, Cu-Mo-Au y Cu-Au.

Es común que en las periferias de los yacimientos tipo pórfiro se encuentren otros tipos de depósitos asociados, tales como vetas epitermales, brechas hidrotermales y zonas de skarn.

Mineralogía

- Mayoritarios: pirita, calcopirita, molibdenita
- Minoritarios: bornita, magnetita, hematita, rutilo, cubanita, oro nativo, pirrotina, enargita, galena, esfalerita, tetraedrita, calcosina, digenita, covellina, cuprita, tenorita, delafossita, cobre nativo, jarosita, goethita

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La paragénesis se caracteriza por la simplicidad de su mineralogía y texturas. La distribución y las cantidades relativas de los minerales se relacionan a las diferentes zonas de alteración hidrotermal. En la zona de alteración potásica, se pueden observar dos tipos de mineralización primaria: a) una interna de bajo contenido de cobre, caracterizada por pirita, calcopirita y escasas magnetita y molibdenita; y b) una externa con mayor ley de Cu e igual proporción de pirita y calcopirita, y pequeñas cantidades de molibdenita y bornita. Las zonas de alteración fílica y argílica se caracterizan por la presencia de

abundante pirita, generalmente de grano grueso, que aparece como relleno de venas o en granos subhedrales diseminados. En la zona propilítica, la mineralización consiste en venillas de pirita y pequeñas venas con pirita-calcopirita-galena-esfalerita-tetraedrita.

La pirita es el sulfuro más abundante en este tipo de depósitos y puede aparecer en granos anhedrales a euhedrales. La calcopirita es el mineral de cobre dominante y se observa como granos anhedrales intersticiales y como relleno de fisuras en pirita. La presencia de bornita es moderada, puede estar como granos anhedrales junto a pirita y calcopirita, como exsolución en ambos o como lamelas oxidadas dentro de calcopirita. La cantidad de molibdenita varía según se trate de pórfiros ricos en molibdeno o no, y se la observa en láminas diseminadas o en pequeñas venillas. Los pórfiros ricos en molibdeno pueden presentar una zona externa más rica en tungsteno.

Entre los minerales minoritarios, la enargita es ocasional y se encuentra como granos anhedrales o como bordes en los sulfuros de cobre y hierro. La cubanita es poco frecuente pero ha sido observada como lamelas exseltas en calcopirita. El oro nativo se presenta en chispas diseminadas.

Es común el desarrollo de "sombreros de hierro" y de sectores con enriquecimiento supergénico con presencia de digenita, covellina y óxidos de cobre (tenorita y delafossita).

Ejemplos

Bajo de La Alumbraera, provincia de Catamarca (pórfiro Cu-Au); Pachón, provincia de San Juan (pórfiro Cu-Mo); Agua Rica, provincia de Catamarca (pórfiro Cu-Mo-Au); Taca Taca Alto, provincia de Salta (pórfiro Cu-Mo)

A los fines descriptivos de las paragénesis de depósitos tipo pórfiro, se han seleccionado ejemplos clásicos de los principales subtipos reconocidos en Argentina: Cu-Mo, Cu-Mo-Au y Cu-Au.

El yacimiento Bajo de La Alumbraera se encuentra en el departamento de Belén, 20 km al norte de Los Nacimientos. Consiste en un depósito diseminado emplazado en un pórfiro riodacítico-dacítico de edad miocena que intruye vulcanitas de composición andesítica (Bassi 1974, González

1975, Bassi y Rochefort 1977, Godeas y Segal de Svetliza 1980, Angera 1999).

El yacimiento Pachón se localiza en el sudoeste de la provincia de San Juan, a dos kilómetros del límite internacional con Chile. Comprende un cuerpo principal de composición diorítica y edad miocena, asociado a cuerpos dacíticos menores y una brecha hidrotermal (Fernández *et al.* 1974, Lencinas y Tonel 1993).

El yacimiento Agua Rica se ubica en el departamento Andalgalá, en el extremo suroccidental de la Sierra de Aconquija. Consiste en un *stock* sieno-diorítico con facies marginales diferenciadas y cuerpos y brechas andesíticas asociadas, de edad miocena superior (Kouharsky y Mirré 1976, Navarro 1985).

El pórfiro de Taca-Taca Alto está localizado en la sierra homónima, en el borde occidental del Salar de Arizaro. La mineralización está emplazada en cuerpos y diques volcánicos y subvolcánicos paleógenos de composición dacítica y riódacítica a los que se asocian brechas intrusivas e hidrotermales (Rubinstein *et al.* 2000).

En la mayoría de los ejemplos mencionados, la zona de alteración potásica se encuentra bien desarrollada y es portadora de la mineralización típica de los depósitos tipo pórfiro. Esta zona contiene, en mayor proporción, pirita y calcopirita, y puede haber magnetita, bornita, molibdenita y oro nativo en cantidades menores (ej. Taca Taca Alto, fotomicrografía 31).

Los granos de pirita aparecen diseminados, en agregados y/o en venillas; es común que contengan inclusiones de calcopirita, pirrotina, bornita o rutilo (ej. Pachón, fotomicrografía 32).

La calcopirita se presenta anhedral diseminada, en agregados y en venillas o microvenillas que penetran a la pirita. Puede tener inclusiones de molibdenita o pirrotina, y exsolución de mackinawita y cubanita. Es frecuente encontrar calcopirita *disease* en esfalerita (ej. Alumbrera, fotomicrografía 35).

La bornita puede aparecer en venillas, diseminada, como inclusión en la calcopirita y pirita, o como lamelas de reemplazo en calcopirita, y asociada a esfalerita, pirrotina y/o magnetita. En Taca

Taca Alto, se observa a la bornita con lamelas exsueitas de calcopirita (fotomicrografía 33).

La molibdenita está diseminada (ej. Taca Taca Alto, fotomicrografía 34), en forma de nidos y en venillas sola o con pirita y cuarzo. También se encuentra como inclusiones en calcopirita.

La magnetita suele aparecer diseminada o en agregados y en granos euhedrales, anhedrales o pseudomorfa de especularita. Es común que aparezca martitizada regular e irregularmente.

El oro nativo se presenta en chispas diseminadas en tamaños del orden de la decena de micrómetros (ej. Bajo de la Alumbrera, Agua Rica).

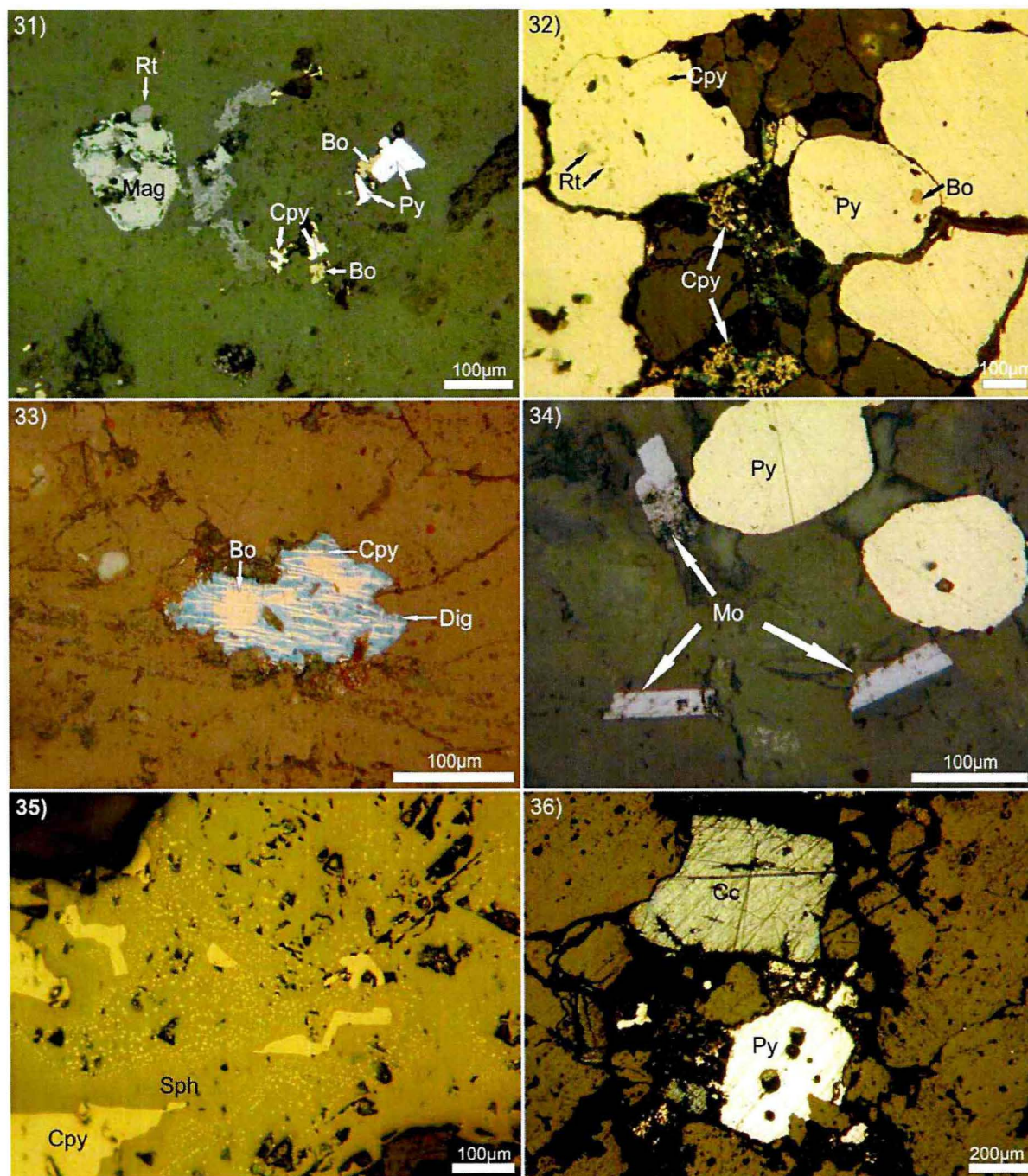
La zona de alteración fílica contiene casi exclusivamente pirita ya sea diseminada o en venillas y puede estar acompañada por molibdenita como en el caso de Taca Taca Alto (Rubinstein *et al.* 2000).

En la zona propilítica, predomina la pirita en venillas y, en forma subordinada, diseminada.

En la mayoría de los ejemplos citados, se definen zonas de lixiviación, oxidación y enriquecimiento supergénico. Los minerales supergénicos consisten principalmente en digenita y covellina, y en, menor proporción, calcosina (ej. Agua Rica, fotomicrografía 36). Estos sulfuros suelen reemplazar los bordes de los granos de calcopirita y pirita. Los minerales de oxidación más comunes son las limonitas (hematita, goethita y jarosita) y, en menor medida, tenorita, delafossita y cuprita con cobre nativo asociado.

En la figura 3 del anexo 2, puede observarse la secuencia de mineralización propuesta por Godeas y Segal de Svetliza (1980) para Bajo de la Alumbrera.

Algunos de los depósitos de los ejemplos mencionados suelen tener asociado otro tipo de mineralización periférica al pórfiro. Tal es el caso de Agua Rica donde se ha definido, además de la asociación típica de pórfiro de pirita-calcopirita-bornita-molibdenita-magnetita, una paragénesis epitermal de alta sulfuración de pirita-bornita-enargita-molibdenita-galena-esfalerita-marcasita-rodocrosita-azufre ya sea diseminada, en venas o como relleno de brecha (Kouharsky y Mirré 1976; Roco y Kouharsky 1999).



Fotomicrografía 31: Taca Taca Alto, perforación 5, profundidad: 300 metros. Típica asociación de minerales opacos diseminados en la zona de alteración potásica: pirita (Py), calcopirita (Cpy), bornita (Bo) y magnetita (Mag). Es frecuente la presencia de rutilo (Rt). Sin analizador.

Fotomicrografía 32: Pachón. Pirita (Py) con las clásicas inclusiones de bornita (Bo), calcopirita (Cpy) y rutilo (Rt). Intersticial a los granos de pirita se observa escasa calcopirita con bordes de covellina. Sin analizador.

Fotomicrografía 33: Taca Taca Alto, perforación 5, profundidad 179 metros. Grano de bornita (Bo) con lamelas exsueltas de calcopirita (Cpy) y reemplazo por digenita. Sin analizador.

Fotomicrografía 34: Taca Taca Alto, perforación 5, profundidad 179 metros. Pirita (Py) y molibdenita (Mo) diseminadas. Sin analizador.

Fotomicrografía 35: Bajo de la Alumbra, perforación 74, profundidad 284,21 metros. Esfalerita (Sph) con calcopirita *disease*. Sin analizador.

Fotomicrografía 36: Agua Rica. Pirita (Py) fresca y grano de calcosina (Cc). Sin analizador.

Las muestras de Taca Taca Alto pertenecen al proyecto "El pórfiro cuprífero Taca-Taca Alto" (1999-2000, SEGEMAR).

La muestra de Pachón pertenece a la Colección del Repositorio de Pulidos Calcográficos del SEGEMAR.

La muestra de Bajo de la Alumbra pertenece al "Plan NOA, Bajo de la Alumbra" (1974-1976, Servicio Minero Nacional). Repositorio de pulidos calcográficos del SEGEMAR. La muestra de Agua Rica es gentileza de Eduardo Zappettini.

2) CHIMENEAS DE BRECHA (Cu-Bi-Au)

Modo de yacencia

Consisten en cuerpos columnares verticales de diseño elíptico cuya orientación suele coincidir con un sistema de fracturación. Están asociadas a magmatismo de arco y vinculadas espacialmente y genéticamente a cuerpos plutónicos someros y subvolcánicos, y a depósitos tipo pórfiros de cobre.

Mineralogía

- Mayoritarios: piritita, arsenopiritita, calcopiritita, pirrotina
- Minoritarios: bismutinita, bismuto nativo, oro nativo, *electrum*, wolframita, molibdenita, emplectita, cosalita, esfalerita, arseniatos de Cu, Bi y Fe
- Minerales transparentes: cuarzo, turmalina, calcita

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La mineralización dominante es de cobre con contenidos menores de Bi, Mo, W y/o Au; algunas paragénesis involucran Ag, Pb y Zn.

La mineralización hipogénica se ubica, usualmente, en el borde de la chimenea.

En general, las texturas observadas son de relleno de espacios abiertos donde precipitan conjuntamente los minerales de ganga y de mena. En menor proporción, se encuentran texturas pegmatíticas.

Ejemplo

Distrito San Francisco de los Andes, Cordillera Frontal, provincia de San Juan

El distrito se localiza 7 km al norte del Río Castaño, en el departamento Iglesias, al sudeste de la región de Tocota e incluye las minas San Francisco de los Andes, Mirkokleia, Rodophis, Tres Magos, Amancay y La Fortuna (Malvicini 1999).

La chimenea de brecha se emplaza en una secuencia de areniscas y lutitas del Paleozoico superior, la cual se encuentra intruida por granitoides pérmicos con diques asociados (Llambías y Malvicini 1969, Cardó *et al.* 2008, Testa *et al.* 2010).

En el depósito San Francisco de los Andes, Llambías y Malvicini (1969) reconocen tres estadios de mineralización (Fig. 4 en anexo 2). Uno de alteración hidrotermal, previo a la formación de la brecha, en el que precipitaron arsenopiritita, turmalina de grano fino y escasa casiterita. El segundo estadio es de relleno, donde los clastos fueron cementados por cuarzo, turmalina y piritita, y, en menor proporción, casiterita y oro. Testa *et al.* (2010) mencionan la presencia de nidos de molibdenita distribuidos localmente dentro del cemento cuarzo-turmalínico. Por último, en la etapa de reemplazo, se produjo la depositación de bismutinita, arsenopiritita, oro, emplectita y arseniatos de Bi, los cuales precipitaron en los bordes de la chimenea de brecha, reemplazando el material cementante de la etapa anterior (Llambías y Malvicini 1969).

La mineralización primaria de Bi se encuentra como nidos y "papas" así como masas pequeñas en el contacto entre la brecha y la roca de caja (Llambías y Malvicini 1969).

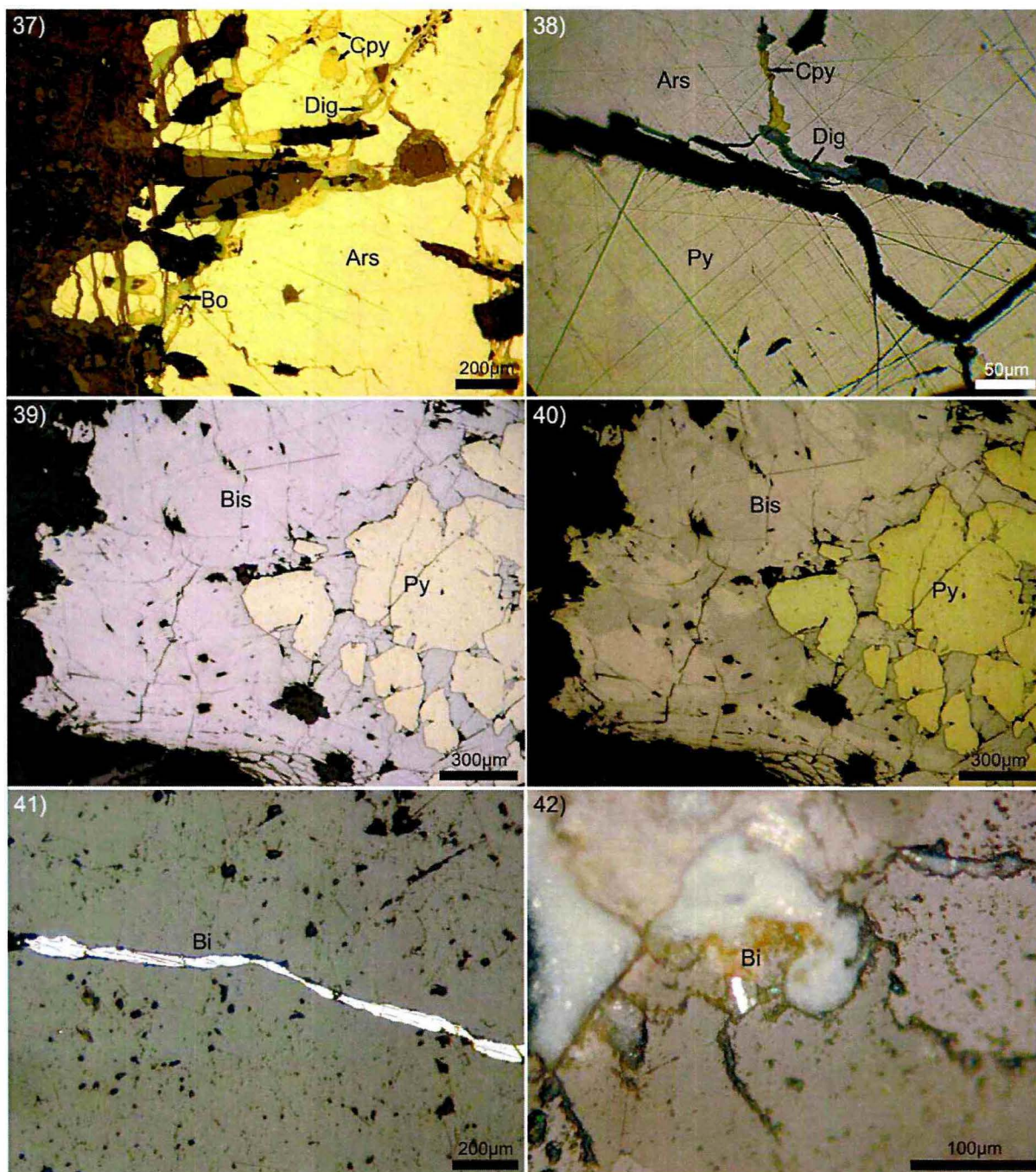
Con respecto a la arsenopiritita, se reconocen dos generaciones: una en megacristales radiales en fragmentos de roca, y otra en venillas que reemplazan cuarzo, turmalina, piritita y fragmentos de roca (Llambías y Malvicini 1969). En la fotomicrografía 37, se observa arsenopiritita brechada con las fracturas rellenas por calcopiritita, bornita, digenita y mineral transparente. En la fotomicrografía 38, la arsenopiritita se observa atravesada por microvenillas de calcopiritita y digenita.

La bismutinita aparece diseminada de manera errática y como rellena de fracturas en piritita (fotomicrografías 39 y 40), cuarzo y turmalina. Los granos son fibrosos y en ocasiones constituyen agregados radiales; algunos están asociados a arsenopiritita, y parcialmente deformados (Llambías y Malvicini 1969). Testa *et al.* (2010) reportan la presencia de antimonita íntimamente asociada a la bismutinita.

En las minas Mirkokleia y Rodophis, Cardó *et al.* (2008) encuentran bismuto nativo como fibras o granos alargados (fotomicrografías 41 y 42).

Las chispas de oro nativo y *electrum* tienen tamaños entre 23 y 35 μm de diámetro y están diseminadas en los minerales de ganga (Cardó *et al.* 2008).

La presencia de abundante arsenopiritita y de sulfuros de Cu, Fe y Bi originó la formación de una zona de oxidación constituida por arseniatos de Cu, Fe, Bi y Al (Bedlivy y Llambías 1969, Cardó *et al.* 2008).



Fotomicrografía 37: Mina San Francisco de los Andes. Arsenopirita (Ars) brechada, rellenas sus fracturas por calcopirita (Cpy), bornita (Bo), digenita (Dig) y mineral transparente. Sin analizador.

Fotomicrografía 38: Mina San Francisco de los Andes. Pirita (Py) junto a arsenopirita atravesada por microvenillas de calcopirita (Cpy) y digenita. Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografías 39 y 40: Mina San Francisco de los Andes. Bismutinita (Bis) como relleno de los espacios abiertos entre cristales de pirita (Py). Sin y con analizador, respectivamente.

Fotomicrografías 41: Mina Mirkokleia. Laminilla de bismuto nativo (Bi). Sin analizador.

Fotomicrografías 42: Mina Rodophis. Grano de bismuto nativo (Bi). Sin analizador.

Las muestras de las fotomicrografías 37, 38, 41 y 42 pertenecen al proyecto "Brechas hidrotermales del distrito San Francisco de los Andes" (2008, SEGEMAR).

Las fotomicrografías 39 y 40 son gentileza de Francisco Testa.

3) DEPÓSITOS TIPO IOCG (ÓXIDOS DE Fe-Cu-Au)

Modo de yacencia

Consisten en depósitos de origen magmático-hidrotermal caracterizados por abundantes óxidos de hierro con bajo contenido en Ti (magnetita-hematita), con sulfuros de cobre y hierro, que pueden tener oro asociado. Aparecen en diversos ambientes tecto-magmáticos, asociados a magmatismo anorogénico de edad precámbrica (Olympic Dam, Australia) o a magmatismo de arco de edad fanerozoica (ejemplos en Cordillera de Chile, Perú y EEUU). Presentan una gran variedad de geometrías y mineralogía. Son comunes las vetas, disseminación estratoligada, brechas y/o cuerpos de reemplazo macizo (mantos). Los sistemas cordilleranos estarían vinculados a intrusiones ígneas profundas. La roca ígnea asociada más común es la diorita, pero puede haber desde gabros a granitos. En los sectores más superficiales, pueden gradar a depósitos de hierro tipo Kiruna y de cobre tipo manto.

Mineralogía

- Mayoritarios: hematita, magnetita, bornita, calcopirita
- Minoritarios: oro, plata, calcosina, pirita, tetraedrita, "pechblenda", coffinita, niquelina, pirrotina, arsenopirita, cobaltina, molibdenita

Asociación de minerales metalíferos y texturas

Estos depósitos se caracterizan por presentar una zonación de la alteración hidrotermal y mineralización: sectores más profundos con una zona de alteración sódica (albita-magnetita-actinolita), rodeada por un halo de dominante alteración potásica (biotita-feldespato potásico-magnetita); hacia la superficie se encuentra una zona de alte-

ración sericitica (sericita-hematita-carbonato-clorita-cuarzo) con lentes masivas de óxidos de hierro.

Con respecto a los sulfuros de cobre, en algunos yacimientos chilenos, se ha descrito una zonación con calcopirita y magnetita en las zonas más profundas, y bornita y hematita hacia las zonas más superficiales.

Ejemplo

Las Choicas, provincia de Mendoza

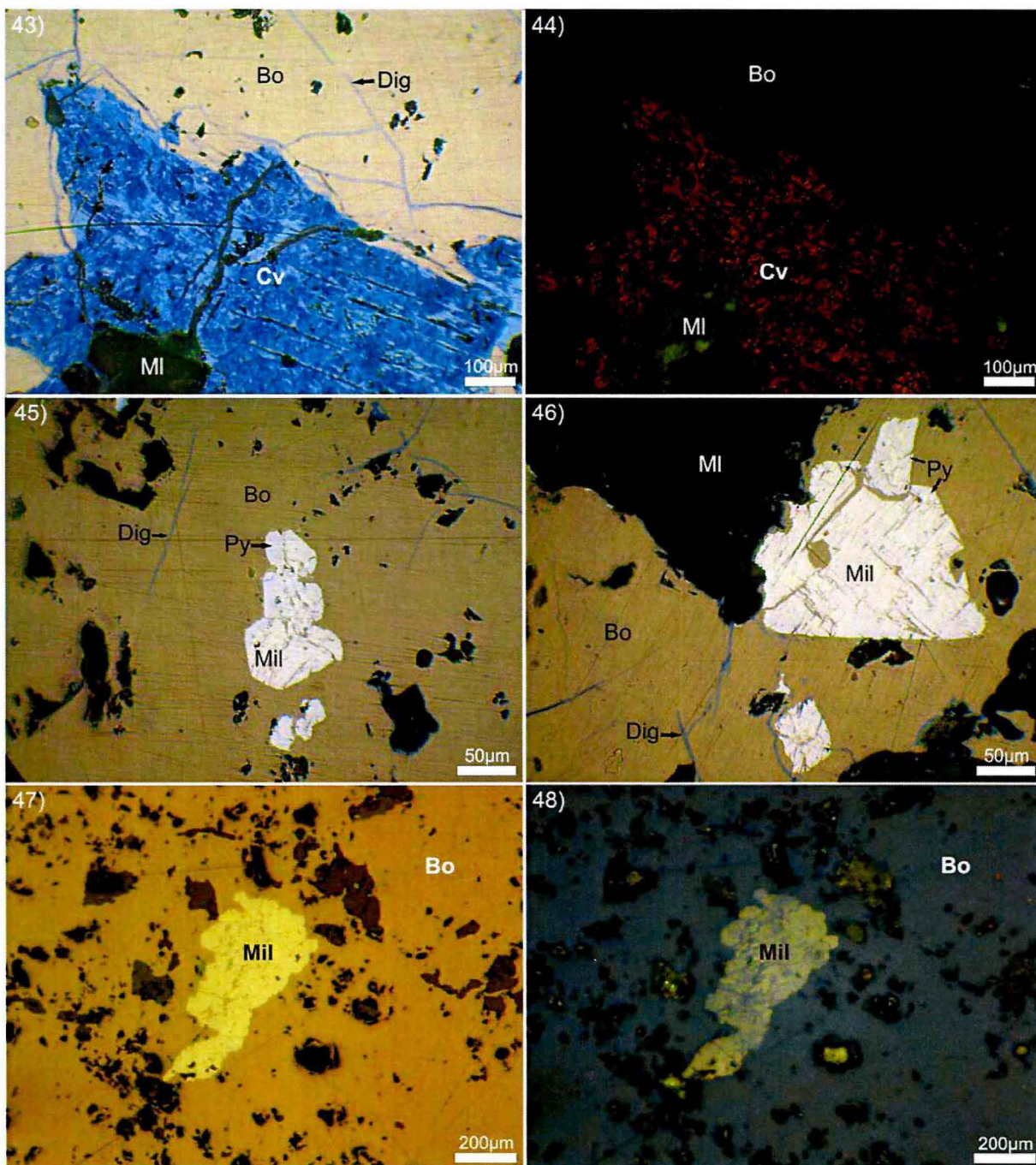
El depósito se encuentra en la Cordillera Principal, 126 km al noroeste de la localidad de Malargüe.

La mineralización metalífera se aloja en una roca diorítica y en las sedimentitas mesozoicas circundantes, y consiste en bornita (fotomicrografías desde 43 a 48) con calcopirita y cantidades muy subordinadas de millerita (fotomicrografías desde 45 a 48). Los sulfuros aparecen disseminados, en grumos de hasta 2 cm de diámetro, en *vugs* y en varias generaciones de venas y venillas con predominio de calcita y, en menor proporción, albita y cuarzo (Franchini *et al.* 2006, Franchini *et al.* 2007).

La bornita y la calcopirita se encuentran alteradas a digenita (fotomicrografías 45 y 46) y a covellina (fotomicrografía 43 y 44), a lo largo de microfracturas y según los bordes de los cristales.

La mineralización presenta la siguiente zonación: un núcleo con bornita±calcopirita±millerita con anomalías en Zn, As, Mo, Ag y U; una zona de brechas ricas en calcopirita con anomalías de Zn; una zona superior con una red de venillas de calcopirita±tetraedrita con anomalías en Sb, As, Ag y Zn; una zona empobrecida en Cu y rica en pirita con anomalías en Co; y una zona distal de venas de calcita tardías (Franchini *et al.* 2006, Franchini *et al.* 2007).

Existen algunas controversias respecto al modelo de depósito para Las Choicas; algunos autores como Sruoga *et al.* (2005 y 2008) sugieren que el yacimiento correspondería a un modelo de tipo pórfiro cuprífero.



Fotomicrografías 43 y 44: Las Choicas. Bornita (Bo) reemplazada por digenita (Dig) en microvenillas y covellina (Cv); esta última a su vez penetrada por malaquita (MI). Sin y con analizador, respectivamente, y en inmersión de aceite.

Fotomicrografías 45 y 46: Las Choicas. Bornita (Bo) con pirita (Py) parcialmente reemplazada por millerita (Mil). Sin y con analizador, respectivamente, y en inmersión de aceite.

Fotomicrografías 47 y 48: Las Choicas. Millerita (Mil) incluida en bornita (Bo). Sin y con analizador, respectivamente.

Las muestras son gentileza de Nora Rubinstein.

C) DEPÓSITOS METASOMÁTICOS

1) SKARN

Modo de yacencia

Son depósitos de formas lenticulares, vetiformes, tabulares, estratiformes o macizos; asociados a halos metamórficos en los contactos de cuerpos intrusivos y rocas carbonáticas. Además, pueden estar asociados a depósitos tipo pórfiro y greisen.

Mineralogía

- Mayoritarios: pirita, magnetita, hematita, esfalerita, galena, calcopirita, scheelita
- Minoritarios: molibdenita, arsenopirita, pirrotina, casiterita, oro, bismuto, bismutinita, antimonita, sulfosales de Ag, Bi, telururos de Ag
- Minerales transparentes: andradita-grosularia, diópsido, wollastonita, clorita, escapolitas, cuarzo, calcita, tremolita-actinolita, talco, olivina

Asociación de minerales metalíferos y texturas

Los sulfuros y óxidos aparecen diseminados, en venas tardías o como reemplazos masivos de la roca carbonática. La paragénesis mineral varía de acuerdo con el tipo de skarn, ya sea aurífero, plumbo-cincífero (+Ag), cuprífero o ferrífero.

En general, se caracterizan por presentar una zonación composicional tanto de los silicatos como de los minerales opacos. El patrón de zonación consiste en las siguientes asociaciones: pirita±calcopirita cerca del contacto con la intrusión y el skarn rico en granate; continua pirita+calcopirita+magnetita en skarns de granate-piroxeno; luego aparece la asociación bornita+calcopirita+magnetita en skarns de granate y wollastonita; esfalerita + calcopirita ± pirita en zonas con mármoles.

Los skarns magnesianos se caracterizan por la presencia de magnetita, por sus bajos contenidos en sulfuros y por la presencia de serpentina, forsterita y talco. En los cuerpos de reemplazo de magnetita masiva, puede observarse una textura laminar producto de la alternancia de granos anhedrales de magnetita con bandas de clorita y car-

bonatos. También es frecuente el reemplazo pseudomorfo de hematita especular por magnetita.

Los skarns cálcicos con baja presencia de Mn tienen una paragénesis rica en Au con As, Bi y Te.

Ejemplos

Skarn plumbo-cincífero-Cristal Blenda y Yanzi, distrito Marayes, provincia de San Juan

El distrito se ubica en el flanco oriental de la Sierra del Huerta, en los departamentos de Caucete y Valle Fértil. Allí se encuentra un grupo de depósitos metalíferos asociado a un stock dacítico, a partir del cual se observa una zonación de la mineralización con depósitos portadores de oro en el entorno próximo al cuerpo, una zona intermedia en donde coexisten la mineralización aurífera con otra polimetálica, una zona periférica de skarn de Pb-Ag-Zn (minas Yanzi y Cristal Blenda) y una zona distal con fluorita (Godeas *et al.* 2009).

Según Castro de Machuca *et al.* (2010), las minas Yanzi y Cristal Blenda corresponden a yacimientos vetiformes que se emplazan en rocas del basamento cristalino proterozoico-paleozoico inferior.

De acuerdo con Castro de Machuca (1988), la mineralización se presenta en forma de bolsones lenticulares distribuidos erráticamente en bancos de mármoles, con alternancia de zonas ricas en sulfuros con otras carentes de mineralización. La mencionada autora advierte una zonación mineralógica en sentido vertical, como por ejemplo en la mina Cristal Blenda, donde los contenidos de arsenopirita, pirita y esfalerita se incrementan en profundidad mientras que disminuye la cantidad de galena.

Según Castro de Machuca *et al.* (2010), en muestra de mano, se observan texturas brechosas y bandeadas, con evidencias de reemplazo (dominante) y relleno. En las texturas brechosas, los fragmentos de la brecha corresponden a rocas de caja con mineralización diseminada y en pseudovenillas y/o agregados granulares de pirita-arsenopirita cementados por abundante cuarzo (fotografía 49).

La paragénesis dominante es esfalerita y galena. La primera se presenta en agregados masi-

vos y pueden identificarse dos tipos: una de alta temperatura con reflejos internos rojizos con exsoluciones de calcopirita, que suele ser reemplazada por galena, calcopirita, *fahlore* y emplectita-wittichenita; y otra de baja temperatura de menor tamaño, con escasos reflejos internos blanquecinos y asociada a calcedonia (Castro de Machuca 1988).

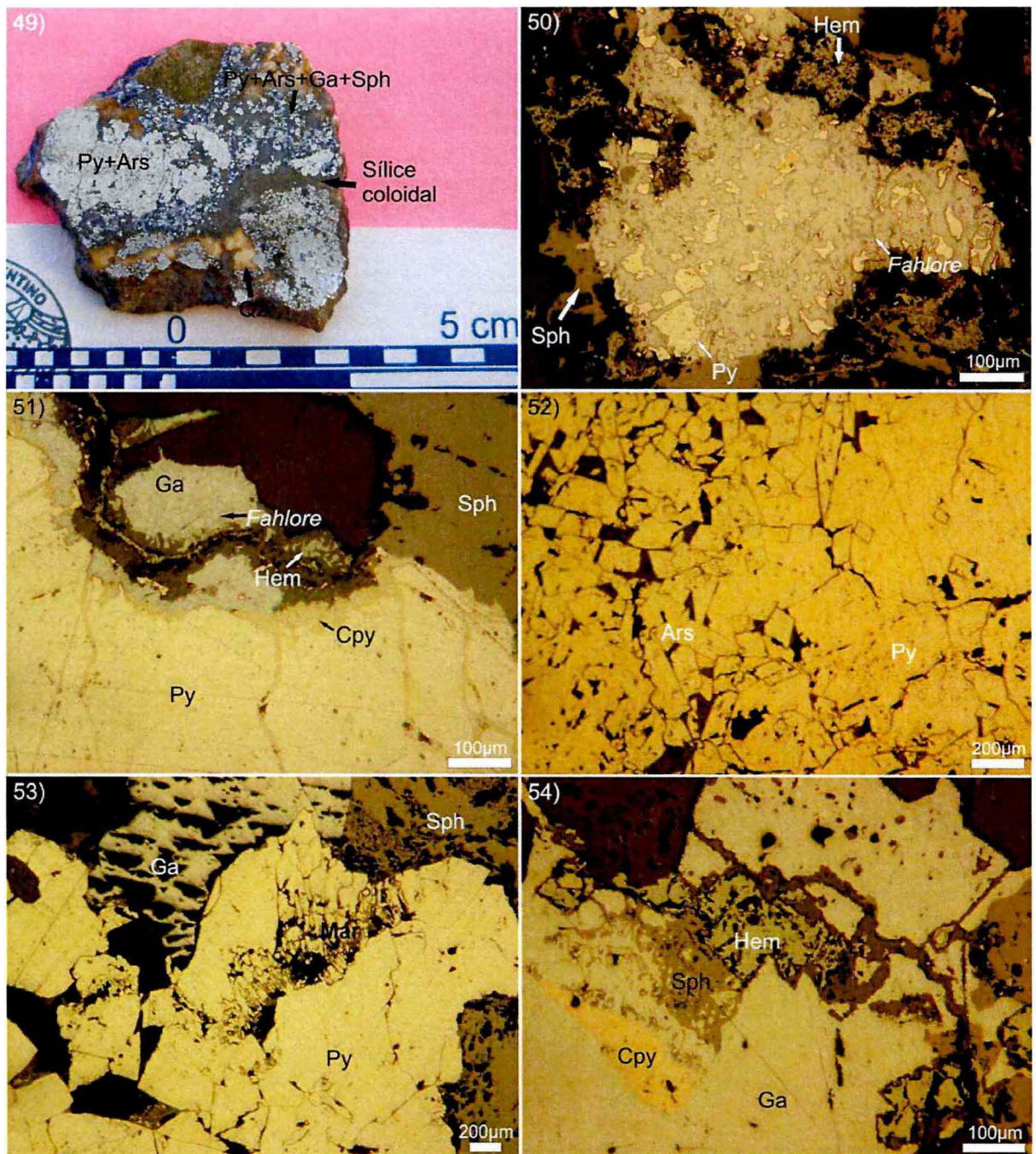
La galena reemplaza al resto de los sulfuros, como por ejemplo pirita y esfalerita (fotomicrografía 50), y suele tener inclusiones de acantita, sulfosales de plata y *fahlore*. Con este último mineral, la galena desarrolla texturas mirmequíticas (fotomicrografías 50 y 51). En la zona de oxidación, la galena se encuentra rodeada de anglesita y cerusita (Castro de Machuca 1988).

Los restantes minerales opacos, en orden decreciente de abundancia, son: pirita, arsenopirita frecuentemente asociada a la pirita (fotomicrografía 52), calcopirita, *fahlore*, pirrotina como inclusión en la arsenopirita, oro nativo y muy escasa magnetita (Castro de Machuca 1988). Godeas *et al.* (2009) reportan además, la presencia de mar-

casita intercrecida con pirita (fotomicrografía 53). Estudios con microsonda electrónica realizados por Castro de Machuca *et al.* (2010) revelaron zonación composicional tanto en pirita como arsenopirita.

Dentro de los minerales de oxidación, es conspicua la presencia de hematita, la cual puede aparecer en granos anhedrales que reemplazan galena y/o esfalerita (fotomicrografías 50 y 54), o como pequeños individuos aciculares.

De acuerdo a Godeas *et al.* (2009), el depósito representa un exoskarn distal periférico con vetas ricas en Zn, Pb, Ag y Mn. Por otra parte, Mogessie *et al.* (2009) se refieren a estas mineralizaciones como depósitos de Pb-Zn producto de reemplazo en rocas carbonáticas, con relleno a lo largo de zonas de cizalla, y no hace mención al término skarn. Castro de Machuca *et al.* (2010) concluyen que las numerosas texturas de reemplazo y de brechamiento observadas sugieren que la mineralización se produjo en etapas sucesivas, con temperaturas decrecientes y por reactivación tectónica de las estructuras mineralizadas.



Fotografía 49: Cristal Blenda. Agregado granular de pirita (Py) y arsenopirita (Ars) con escasa esfalerita (Sph) y galena (Ga), fracturado y cementado por cuarzo (Qz) y sílice coloidal.

Fotomicrografía 50: Yanzi. Galena (Ga) como reemplazo de pirita (Py) y esfalerita (Sph). Mirmequitas de *fahlore* en galena. Sin analizador.

Fotomicrografía 51: Yanzi. Pirita (Py) penetrada por microvenillas de calcopirita (Cpy). Grano de galena (Ga) con mirmequitas de *fahlore* y reemplazo por hematita (Hem). Sin analizador.

Fotomicrografía 52: Cristal Blenda. Pirita (Py) asociada a cristales euhedrales de arsenopirita (Ars), sin analizador.

Fotomicrografía 53: Cristal Blenda. Pirita (Py) intercrecida con marcasita (Mar), reemplazada por esfalerita (Sph) y galena (Ga), sin analizador.

Fotomicrografía 54: Yanzi. Hematita anhedral (Hem), galena (Ga), esfalerita (Sph) y calcopirita (Cpy). Sin analizador.

Las muestras de las fotomicrografías 49, 50, 52, 53 y 54 pertenecen al proyecto "Carta Minero-Metalogenética 3166-III, Chepes" (2006, SEGEMAR).

La fotografía 51 es gentileza de Brígida Castro de Machuca.

Skarn ferrífero-Cerro Acay, provincia de Salta

Se ubica en la Cordillera Oriental, 25 km al suroeste de San Antonio de los Cobres, y consiste en un intrusivo granítico (con variaciones faciales de granito a diorita en los bordes) de edad miocena que intruye calizas cretácicas (Llambías *et al.* 1985).

Respecto a los minerales metalíferos presentes, predomina la magnetita que se dispone intercalada en el skarn granatífero a modo de venillas de reemplazo anastomosadas. Estas venillas están fracturadas y forman brechas de relleno y reemplazo con turmalina y cuarzo como minerales cementantes. La magnetita se muestra en agregados botrioidales, en cristales bien desarrollados o en bandas de texturas coloformes; presenta inclusiones de pirita y calcopirita y está reemplazada centrípetamente por maghemita, hematita y goethita (Malvicini 1984). En la fotomicrografía 55, se observan cristales de hematita especular que han sido totalmente reemplazados por magnetita.

La figura 5 del anexo 2 muestra el diagrama paragenético propuesto por Malvicini (1984) para el skarn de Cerro Acay.

Hierro Indio, provincia de Mendoza

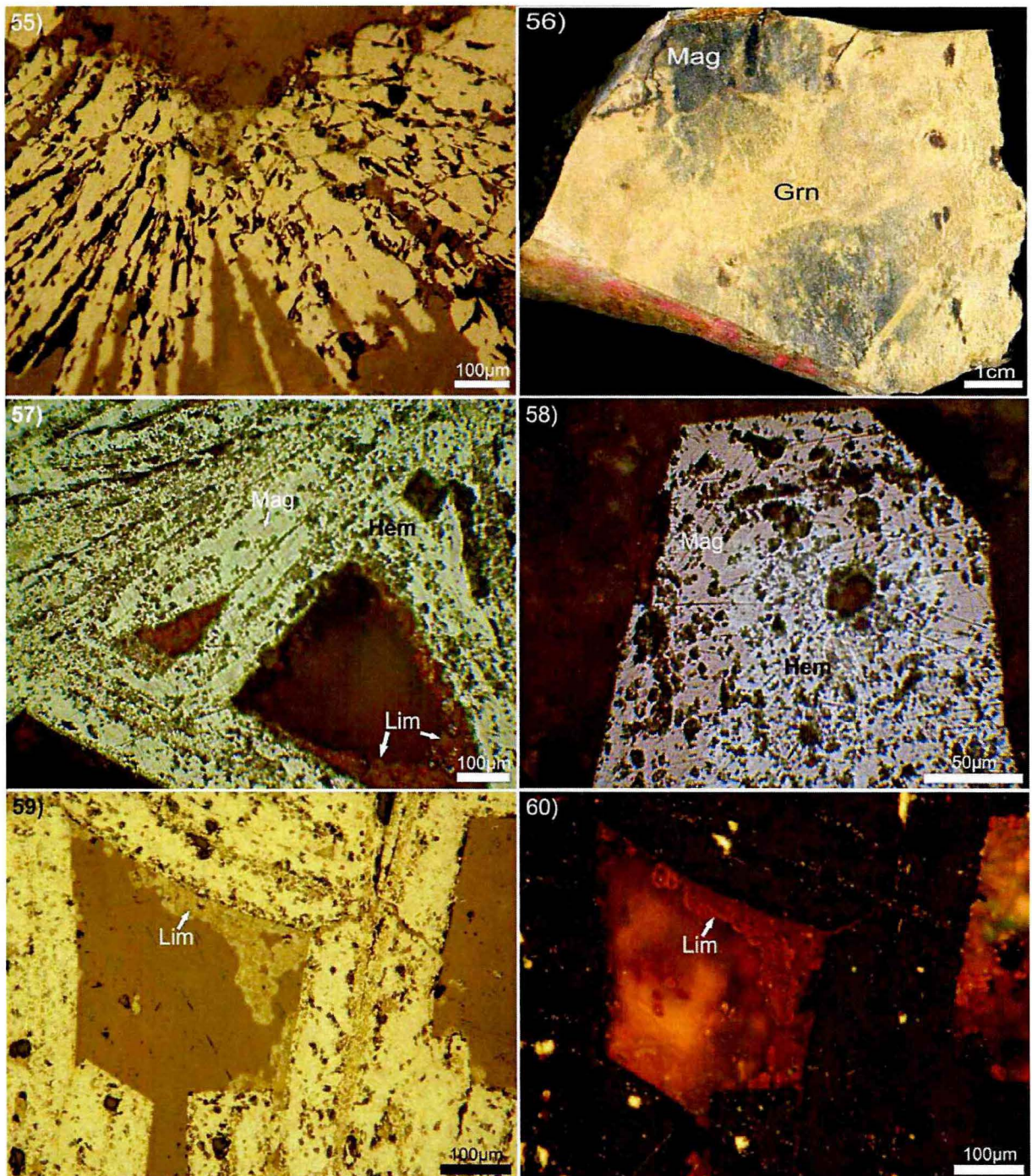
Se sitúa en la Sierra de los Chivatos, 55 km al nor-noroeste de la localidad de Malargüe. La mi-

neralización se aloja en calizas y pelitas calcáreas cretácicas intruidas por cuerpos andesíticos y dioríticos de edad miocena (Rigal 1942, Zanettini 1999a).

La paragénesis de este depósito, descrita por Franchini *et al.* (2005), consiste en magnetita, hematita y escasa pirita (limitada a sectores distales del exoskarn). La magnetita, de grano muy fino, se presenta junto a piroxeno en el endoskarn incipiente que reemplaza al plutón diorítico y junto a epidoto en el endoskarn que reemplaza filones capas de composiciones traquiandesita basáltica y traquiandesítica. En los exoskarns de granate, la magnetita conforma cordones, agregados irregulares o bandas que alternan con el granate y da lugar a una textura bandeada y nodulosa (fotografía 56). La hematita es, en el exoskarn, el óxido dominante y constituye cuerpos masivos con agregados de cristales laminares radiados y curvos de hematita con relicto de granate.

En las fotomicrografías 57 y 58, se observa hematita especular reemplazada parcialmente por magnetita.

Los minerales de oxidación consisten en martita (hematita) en magnetita y masas de "limonitas", en ocasiones con texturas oolíticas (fotomicrografías 59 y 60).



Fotomicrografía 55: Cerro Acay. Magnetita pseudomorfa de especularita. Sin analizador.

Fotografía 56: Hierro Indio. Muestra de mano del exoskarn de granate (Grn) y magnetita (Mag) con textura nodulosa.

Fotomicrografía 57: Hierro Indio. Hematita especular (Hem) reemplazada parcialmente por magnetita (Mag) y "limonitas" (Lim). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 58: Hierro Indio. Hematita especular (Hem) reemplazada parcialmente por magnetita (Mag). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografías 59 y 60: Hierro Indio. "Limonitas" (Lim) con textura oolítica, los cuales rodean cristales de hematita especular parcialmente reemplazados por magnetita (Mag). Sin y con analizador, respectivamente.

La muestra de Cerro Acay es gentileza de Ricardo Sureda.

La fotografía 56 es gentileza de Marta Franchini.

Las muestras de Hierro Indio pertenecen a la Colección del Repositorio de Pulidos Calcográficos del SEGEMAR.

Skarn aurífero-Distrito Gualilán, provincia de San Juan

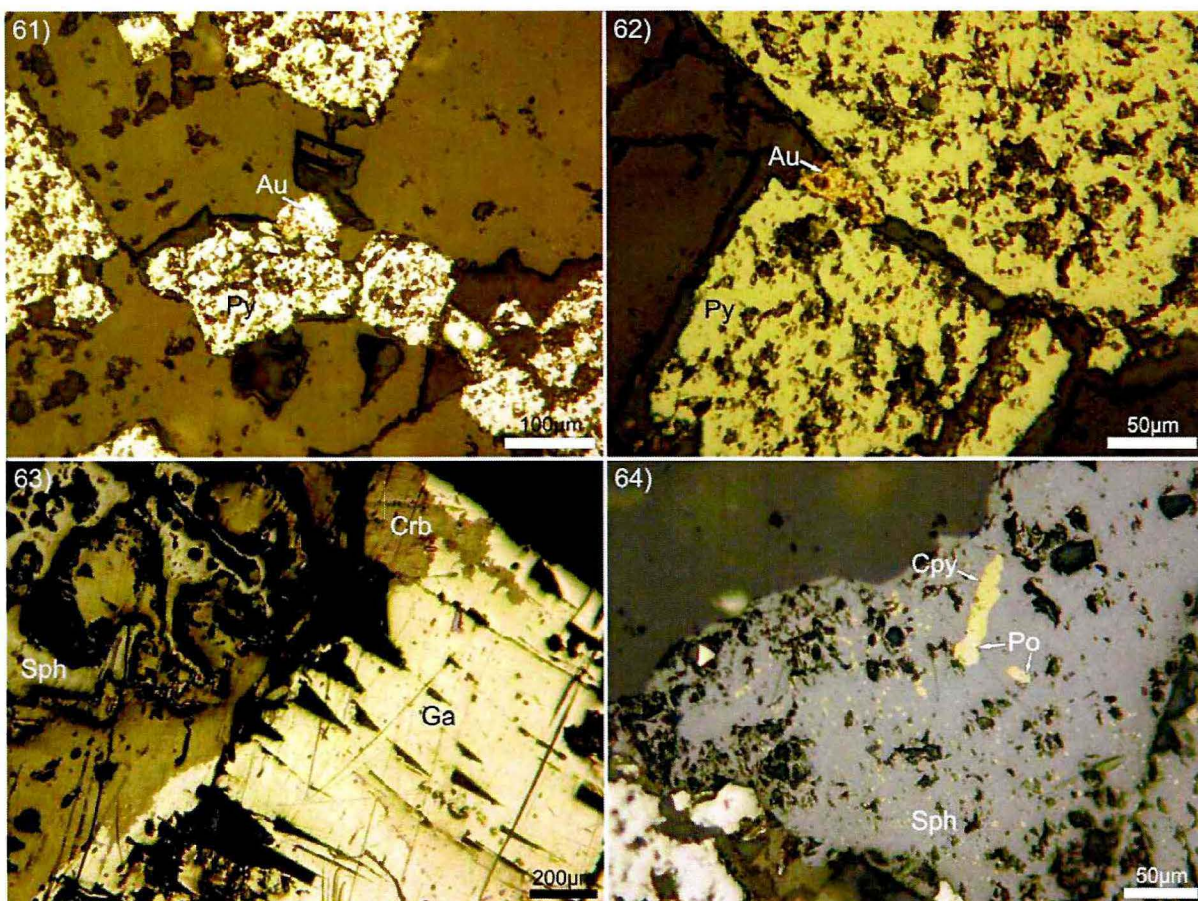
Se ubica 120 km al nor-noroeste de la ciudad de San Juan. La mineralización está asociada a un exoskarn cálcico alojado en calizas ordovícicas que fueron intruidas por cuerpos dacíticos miocenos (Fernández Lima y Oliveri 1951, Pelichotti 1976, Bengochea *et al.* 1988, Vallone 1991, Vallone *et al.* 1991, Taurà *et al.* 2000, Bengochea y Mas 2006).

En el yacimiento, se ha reconocido mineralización de skarn, relleno de fisuras, reemplazo y diseminación. La mineralogía de la mena está constituida principalmente por pirita, pirrotina, calcopirita, galena y esfalerita (Ben-

gochea *et al.* 1988, Taurà *et al.* 2000, Bengochea y Mas 2006).

De acuerdo con Logan (1999), el depósito se formó en tres estadios (Fig. 6 en anexo 2): el primero de skarn progrado, el segundo es retrógrado con deposición de la mayoría de los sulfuros, y el último estadio se vincula a vetas ricas en oro (fotomicrografías 61y 62) y galena (fotomicrografía 63).

La paragénesis del skarn de retrogrado consiste en abundantes pirita y esfalerita, menor cantidad de pirrotina, calcopirita (fotomicrografía 64) y galena. En el último estadio, las vetas se componen de galena, escasas pirita, esfalerita, *electrum* y hessita en ganga de calcita y cuarzo.



Fotomicrografías 61 y 62: Distrito Gualilán. Oro nativo (Au) asociado a pirita (Py). Sin analizador.

Fotomicrografía 63: Distrito Gualilán. Galena (Ga) reemplazada por venillas de carbonatos (Crb). Sin analizador.

Fotomicrografía 64: Distrito Gualilán. Esfalerita (Sph) con exsoluciones de calcopirita (Cpy) y pirrotina (Po). Sin analizador.

Muestras del proyecto "Estudio y proyecto de exploración del distrito minero Gualilán" (1976, Servicio Minero Nacional). Repositorio de pulidos calcográficos del SEGEMAR, delegación San Juan.

2) GREISEN DE Sn-W

Modo de yacencia

Consiste en vetas, *stockworks*, lentes, mantos, brechas y cuerpos irregulares con casiterita y/o "wolframita", en zonas de cúpulas y márgenes de cuerpos graníticos tipo-S, generalmente, postcolisionales o de retroarco.

Los fluidos pueden quedar contenidos dentro de la cúpula granítica (endogreisen) o canalizarse a través de fracturas y/o fallas hacia la roca de caja (exogreisen).

Mineralogía

- Mayoritarios: casiterita, "wolframita", estannita, scheelita
- Minoritarios: pirita, calcopirita, pirrotina, arsenopirita, esfalerita, molibdenita, bismuto nativo, bismutinita
- Minerales transparentes: cuarzo, muscovita, topacio, fluorita, apatita, berilo

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La asociación paragenética se compone de minerales de alteración (cuarzo+muscovita) junto a óxidos y sulfuros diseminados y/o en bolsones.

Las vetas presentan simetría bilateral y están acompañadas por zonación mineralógica-textural, lo cual refleja diversos pulsos de relleno-reemplazo.

Puede haber zonación metalífera a nivel depósito y/o distrito, manifestada por la existencia de una zona profunda, próxima o dentro del intrusivo, con Sn+Mo; otra zona mas externa con Cu+Zn+Pb; y, por último una asociación de W+Bi.

En cuanto a la sucesión paragenética, en general comienza con una fase de óxidos (casiterita-wolframita) seguida por otra con sulfuros (calcopirita-pirita-pirrotina-arsenopirita, molibdenita, bismutinita) y una fase tardía de baja temperatu-

ra caracterizada por carbonatos como calcita, siderita y óxidos de hierro.

Ejemplos

Vil Achay, provincia de Catamarca (greisen de Sn)

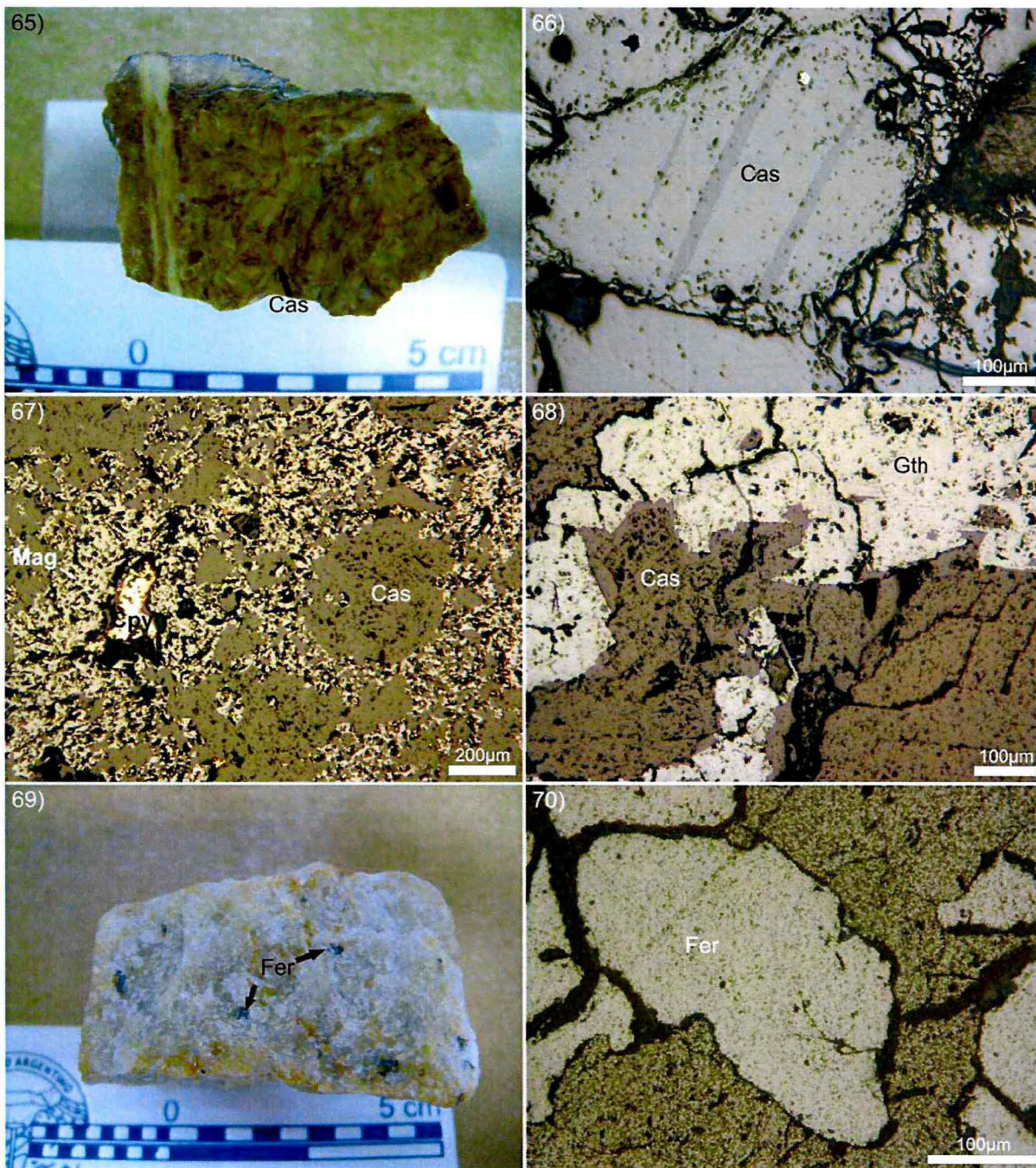
Se encuentra en el sureste de la Sierra de Fiambalá, 26 km al nor-noroeste de Tinogasta. La mineralización, alojada en un dique granítico carbonífero, está representada por casiterita diseminada en cristales euhedrales y subhedrales (fotografías desde 65 a 68) y en *stockwork* (Avila *et al.* 1999). Los cristales de mayor tamaño (hasta 10 mm) se encuentran en vetas discontinuas de fluorita. Se asocian magnetita (fotomicrografía 67) y muy escasa "wolframita" (Avila 1982). Además, se reportaron calcopirita (fotomicrografía 67), bornita, estanita, calcosina, covellina, oxidados de cobre y goethita (fotomicrografía 68). Los minerales de ganga son albita, cuarzo, fluorita, lepidolita, zinnwaldita y topacio (Avila *et al.* 1999).

Distrito Tusaquillas, provincia de Salta (greisen de W)

Se ubica en la Sierra de Tusaquillas, al oeste de las Salinas de Guayatayoc. El batolito compuesto de Tusaquillas constituye un cuerpo plutónico de edad cretácica, que comprende dos fases principales: un granito de dos micas y un monzon-granito biotítico al que se asocian pórfiros graníticos y diques micrograníticos, lamprofíricos y escasos cuerpos pegmatíticos (Zappettini 1989).

La mineralización se encuentra en la parte oriental del batolito, en fajas de endogreisen de hasta dos metros de espesor y 100 m de largo. Los cuerpos son lentiformes y consisten en ferberita acompañada por cuarzo (fotografías 69 y 70), turmalina, muscovita y topacio. Localmente, en las vetas, la "wolframita" está acompañada por fluorita, pirita y arsenopirita y, en sectores, por mineralización uranífera (Zappettini 1999b).

Brodtkorb *et al.* (2008) analizaron químicamente la "wolframita" de Tusaquillas, determinando que corresponde a ferberita niobífera.



Fotografía 65: Vil Achay. Agregado de casiterita (Cas) en cuarzo.

Fotomicrografía 66: Vil Achay. Grano de casiterita (Cas) maclada. Sin analizador. Fotomicrografía 67: Vil Achay. Granos euhedrales de casiterita (Cas) rodeados por magnetita (Mag) y calcopirita (Cpy). Sin analizador.

Fotomicrografía 68: Vil Achay. Agregado de casiterita euhedral (Cas) y venilla de goethita (Gth). Sin analizador.

Fotografías 69 y 70: Distrito Tusaquillas, muestra de mano y pulido correspondiente. Ferberita (Fer) diseminada en cuarzo.

Las muestras de Vil Achay pertenecen a la Colección del Repositorio de Pulidos Calcográficos del SEGEMAR. Las muestras de Tusaquillas son gentileza de Eduardo Zappettini.

D) VETAS ASOCIADAS A GRANITOIDES

1) VETAS DE W

Modo de yacencia

Son vetas o *stockworks* de cuarzo macizo, con "wolframita", asociadas a granitos anatócticos epizonales de magmatismo postcolisional.

Mineralogía

- Mayoritarios: wolframita s.l., hübnerita, ferberita, scheelita
- Minoritarios: pirita, pirrotina, arsenopirita, casiterita, "estannitas", molibdenita, bismutinita, sulfosales de Bi
- Minerales transparentes: cuarzo, berilo, fluorita

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La mineralización se encuentra diseminada en vetas de cuarzo macizas con oquedades. La "wolframita" aparece como masas granulares euhedrales a subhedrales, sobreimpuesta al cuarzo. El grano es generalmente grueso; sin embargo, la hübnerita es usualmente de grano más fino, y suele estar reemplazada por scheelita.

Los sulfuros de las vetas se depositan secuencialmente en espacios abiertos junto a los óxidos y minerales de ganga. En las vetas tempranas portadoras de cuarzo, puede haber minerales de Bi asociados a arsenopirita.

Las "estannitas" son minerales frecuentes que aparecen como granos anhedrales y suelen estar alojadas en esfalerita.

Ejemplos

Los Cóndores, provincia de San Luis; San Martín, provincia de Río Negro

El yacimiento Los Cóndores se ubica 12 km al oeste-suroeste de la localidad de Concarán y se emplaza en esquistos biotíticos intruidos por granitos devónicos (Brodtkorb y Ametrano 1981).

El depósito San Martín se localiza 25 km al noroeste de la localidad de Valcheta, y la mineralización está alojada en un *stock* granítico pérmico

(Navarro 1960, Gómez 1997, Gómez y Aliotta 2000, Gozálvez 2009).

En ambos ejemplos, la mineralización se presenta en vetas de cuarzo y consiste principalmente en "wolframita" y scheelita, junto a sulfuros y sulfosales de una etapa hidrotermal posterior.

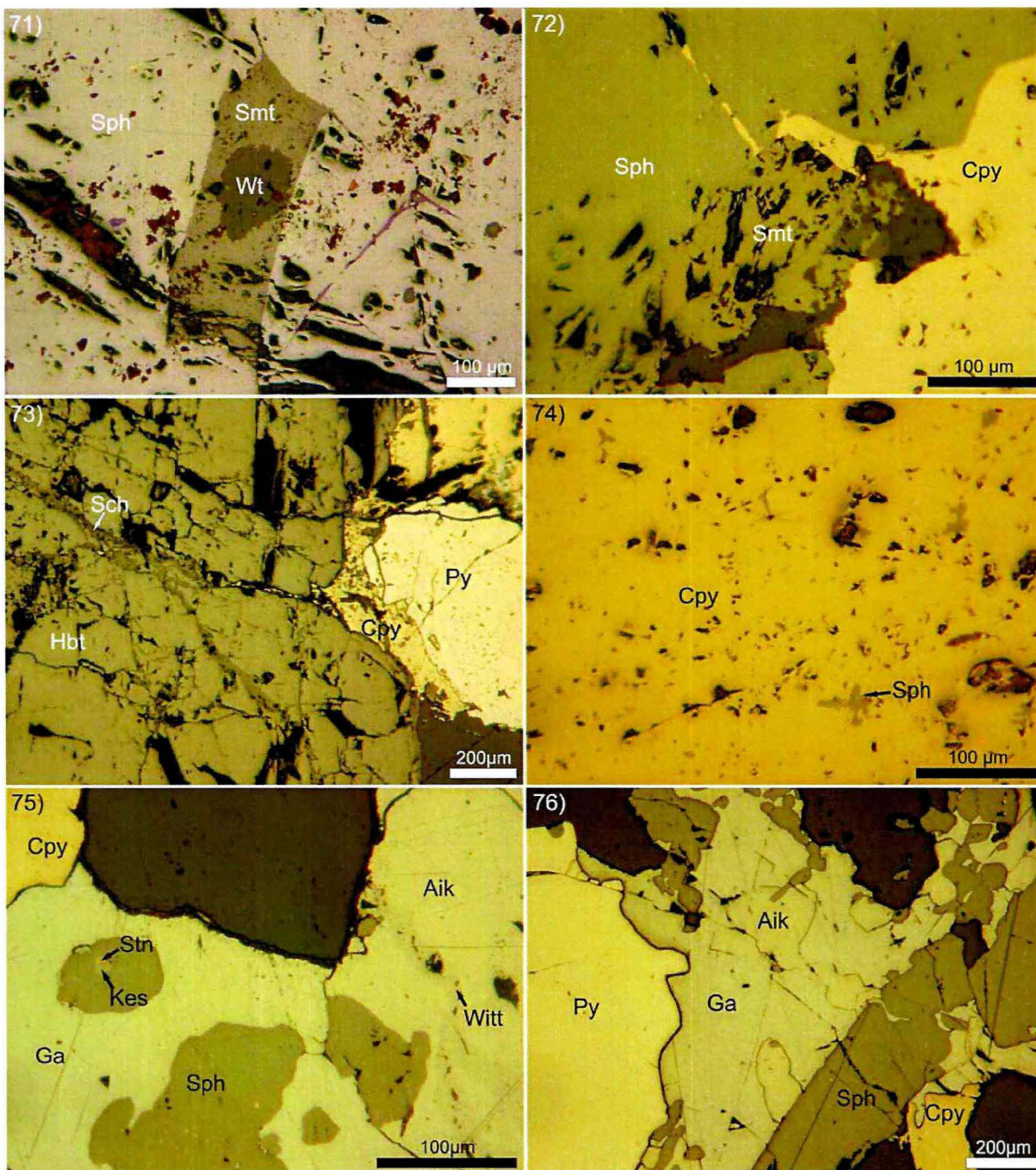
La "wolframita" se presenta en masas homogéneas y cristales tabulares, a veces dispuestos radialmente. En el caso de Los Cóndores, se trata de un miembro intermedio de la serie hübnerita-ferberita con un 11,33 % FeO y un 10,2 % de MnO (Brodtkorb y Ametrano 1981) que se asocia a sanmartinita; esta última aparece con hábito prismático subhedral o en los bordes entre "wolframita" y esfalerita (fotomicrografías 71 y 72). Por otro lado, en el yacimiento San Martín, la "wolframita" corresponde a hübnerita (Gómez y Aliotta 2000).

La scheelita suele reemplazar a la "wolframita" a partir de sus clivajes (fotomicrografía 73).

Los sulfuros encontrados en la mina Los Cóndores son: pirita, esfalerita con calcopirita *disease*, calcopirita con "estrellas" de esfalerita (fotomicrografía 74) y con exsoluciones de mackinawita y cubanita, además de pirrotina, bismutinita con bismuto nativo asociado, wittichenita, antimonita y molibdenita (Brodtkorb y Ametrano 1981). Los minerales secundarios son bismutita, covellina, ocres de W y "limonitas".

En San Martín, Brodtkorb y Paar (1993a) observan: calcopirita con inclusiones redondeadas de 20-30 μm conformadas por estannoidita y k sterita (fotomicrografía 75), esfalerita y galena, la cual reemplaza a los demás sulfuros y a la "wolframita" y contiene inclusiones de aikinita, wittichenita (fotomicrografías 75 y 76), cervelle ta y hessita (Paar y Brodtkorb 1996).

Para el caso del *stock* San Martín, la secuencia paragenética (Fig. 7 en anexo) comenzó con un primer evento hidrotermal estéril que formó las vetas pre-mineralización y generó alteración potásica en la caja. En el segundo evento hidrotermal se formaron, en dos episodios, las vetas mineralizadas; en el primero las vetas masivas de cuarzo, feldespato potásico (solo en el inicio) y "wolframita", y en el segundo se depositaron sulfuros y sulfosales de metales base y hessita junto con cuarzo y fluorita, sin minerales de wolframio (Gozálvez 2009).



Fotomicrografía 71: Los Córdobes. Cristal prismático de sanmartinita (Smt) con núcleo de "wolframita" (Wt), en esfalerita (Sph). Sin analizador.

Fotomicrografía 72: Los Córdobes, sin analizador. Grano de sanmartinita (Smt) en el contacto entre esfalerita (Sph) y calcopirita (Cpy). Sin analizador.

Fotomicrografía 73: San Martín. Hübnerita (Hbt) reemplazada por venillas de scheelita (Sch). Sin analizador.

Fotomicrografía 74: Los Córdobes. Calcopirita (Cpy) con exsoluciones tipo estrellas de esfalerita (Sph). Sin analizador.

Fotomicrografía 75: San Martín. Esfalerita (Sph) con inclusiones de estannoidita (Stn) y késterita (Kes). También se observan aikinita (Aik) y wittichenita (Witt) asociadas a la galena (Ga). Sin analizador.

Fotomicrografía 76: San Martín. Galena (Ga) con inclusiones de aikinita (Aik). Sin analizador.

Las muestras de Los Córdobes son gentileza de Milka Brodtkorb.

Las muestras de San Martín son gentileza de Martín Gozálvez.

2) VETAS DE Cu

Modo de yacencia

Son vetas de corta extensión, constituidas por cuarzo-carbonatos con minerales de cobre y vinculadas a intrusiones de composición intermedia a félsica, en ambiente orogénico.

Mineralogía

- Mayoritarios: calcopirita, bornita, calcosina, enargita
- Minoritarios: bismutinita, molibdenita, esfalerita, oro nativo, *electrum*, pirita, pirrotina, magnetita, hematita, covellina, tetraedrita-tenantita.

Asociación de minerales metalíferos y texturas

Estos sistemas de vetas pueden mostrar una zonación de la mineralización con una zona central con vetas de pirrotina masiva con menor cantidad de calcopirita, una zona intermedia principalmente con pirrotina y calcopirita, y una zona externa comparable con la intermedia excepto por la presencia de galena, tetraedrita, boulangerita y abundante esfalerita.

Ejemplo

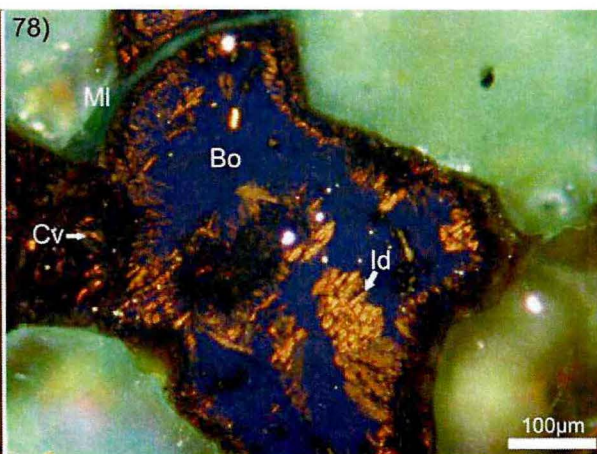
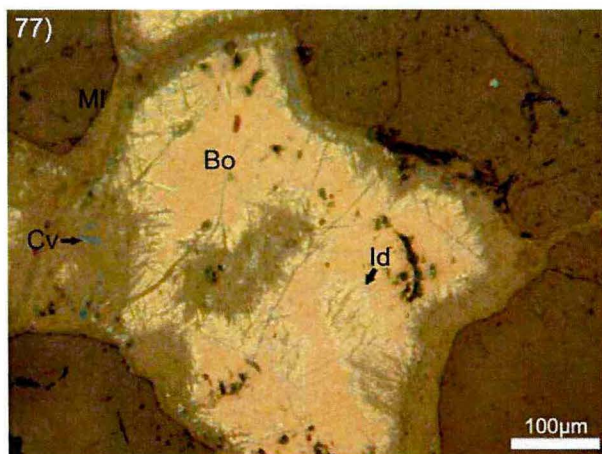
Distrito Las Cuevas en Cordillera Oriental, provincia de Salta.

Se ubica en el departamento de Rosario de Lerma, 5 km al sudoeste de Santa Rosa de Tastil. Comprende varias vetas pequeñas portadoras de minerales de cobre en ganga de cuarzo, emplazadas en la secuencia turbidítica de edad precámbrica superior-eocámbrica (Cussi y Sureda 1995).

El sulfuro primario dominante es la bornita que aparece masiva y en masas reniformes en cuarzo (fotomicrografías 77 y 78). Estas masas se encuentran intercrecidas con calcosina de grano fino, la cual también puede conformar agregados exclusivos. Se observan intercrecimientos del tipo mirmequítico entre bornita y calcosina. La bornita presenta escasas inclusiones de calcopirita y probable mawsonita (Cussi y Sureda 1995).

Los minerales supergénicos, covellina y digenita, reemplazan a bornita, calcosina y calcopirita a partir de bordes y microfracturas. Puede haber idaita como reemplazo de calcopirita y bornita (fotomicrografías 77 y 78).

Los minerales oxidados son muy comunes y comprenden malaquita predominante y cantidades subordinadas de crisocola, "limonitas" y azurita (Cussi y Sureda 1995).



Fotomicrografía 77 y 78: Las Cuevas. Bornita (Bo) penetrada por venillas de malaquita (MI) y escasa covellina (Cv). Agujas de idaita (Id) que reemplazan los bordes de la bornita. Sin y con analizador, respectivamente.

Las muestras son gentileza de Eulogio Ramallo.

3) VETAS POLIMETÁLICAS

Modo de vacancia

Son vetas de cuarzo-carbonato portadoras de metales base y plata, emplazadas a lo largo de fallas y fracturas en secuencias metasedimentarias intruidas por rocas ígneas.

Mineralogía

- Mayoritarios: galena, esfalerita, pirita
- Minoritarios: arsenopirita, *fahlore.*, arsenopirita, calcopirita, acantita, sulfosales de plata, plata nativa

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La mineralización es polimetálica y se presenta en vetas con estructura combada y texturas crustificadas y coloformes.

La galena suele ser dominante junto con la esfalerita y es común que se encuentre deformada. El sulfuro de plomo es el principal portador de las sulfosales de plata, las cuales aparecen como inclusiones redondeadas que, en general, no superan las decenas de micrómetros de diámetro.

Es frecuente que existan varias generaciones de cristales de pirita asociados a arsenopirita y marcasita.

Con respecto a los minerales secundarios, son abundantes los sulfatos y carbonatos de plomo y cinc, y los óxidos de manganeso. En las zonas de enriquecimiento supergénico, hay presencia de acantita y plata nativa.

Ejemplos

Distrito El Guaico, Sierras Pampeanas, provincia de Córdoba

Se localiza 9 km al noreste de localidad de Higuera. De acuerdo con Suredda (1978) el distrito consiste en más de sesenta vetas con mineraliza-

ción dominante de Pb-Ag-Zn en ganga de cuarzo, las cuales se emplazan en el basamento metamórfico precámbrico.

Los minerales hipogénicos esenciales son esfalerita, galena, pirita y arsenopirita con más de veinte especies minerales como accesorios (Suredda 1978).

La esfalerita suele ser rica en hierro y, en general, presenta escasas inclusiones de linneita, tetraedrita, enargita y estannita. Puede mostrar bordes de greenockita y estar atravesada por venillas de calcopirita.

La galena, de grano grueso a medio, puede aparecer deformada con un grano más fino y maculado lamelar secundario. Contiene inclusiones de calcopirita, tetraedrita (fotomicrografía 79), proustita, pirargirita, stephanita, jamesonita, bournonita, boulangerita, estannita y estannoidita. El sulfuro de plomo suele estar reemplazado en los bordes por acantita (fotomicrografía 80), en ocasiones intercrecida con polibasita (fotomicrografía 81).

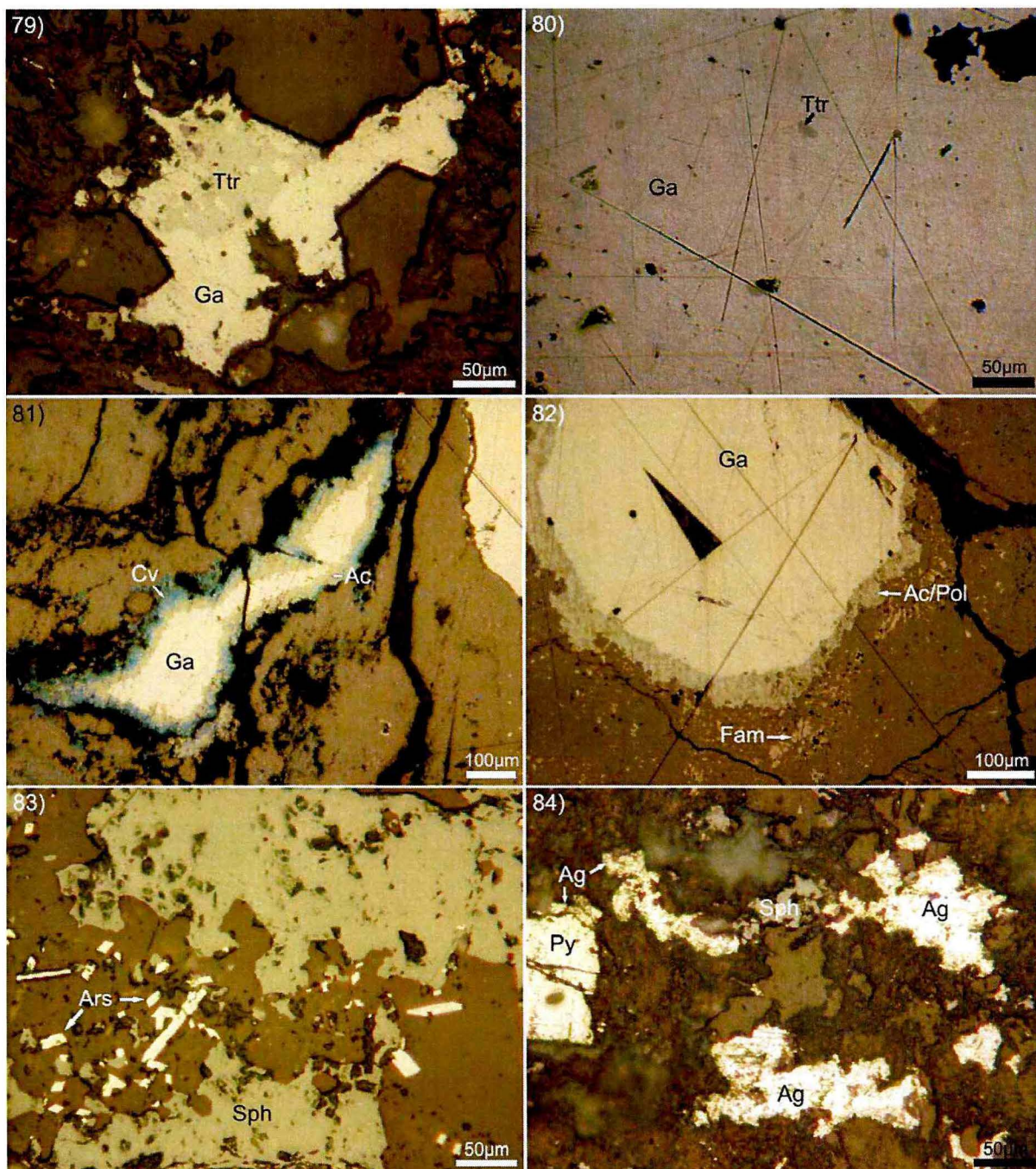
Se reconocen dos generaciones de pirita: una temprana blanca y euhedral, y otra tardía amarilla, anhedral o euhedral que se desarrolla a expensas de galena, esfalerita o tetraedrita, y puede contener inclusiones de marcasita.

La arsenopirita se encuentra frecuentemente junto a la pirita en forma de cristales euhedrales, también incluidos en cuarzo (fotomicrografía 82), esfalerita y galena.

Entre los minerales accesorios, Suredda *et al.* (2000) describen diaforita como inclusiones en galena con tamaños que no superan los 100µm (fotomicrografía 83).

Los minerales supergénicos y de oxidación también son abundantes e incluyen plata nativa (fotomicrografía 84) cerusita, anglesita, covellina, malaquita, descloizita, pirolusita, hematita y "limonitas".

De acuerdo a las relaciones texturales observadas bajo el microscopio, Suredda (1978) realizó la sucesión paragenética para el Distrito El Guaico (Fig. 8 en anexo 2).



Fotomicrografía 79: Distrito El Guaico, mina Rara Fortuna. Tetraedrita (Ttr) asociada a galena (Ga). Sin analizador.

Fotomicrografía 80: Distrito El Guaico, mina Bella Tapada. Galena (Ga) con inclusiones de tetraedrita (Ttr). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 81: Distrito El Guaico. Galena (Ga) con reemplazo supergénico de acantita (Ac) y covellina (Cv). Sin analizador.

Fotomicrografía 82: Distrito El Guaico. Acanthita (Ac) y polibasita intercrecidas (Pol) en borde de galena (Ga). Granos de famatinita (Fam), disseminados en ganga. Sin analizador.

Fotomicrografía 83: Distrito El Guaico, mina Rara Fortuna. Venilla de cuarzo con arsenopirita (Ars) disseminada, atravesando esfalerita (Sph). Sin analizador.

Fotomicrografía 84: Distrito El Guaico, mina Rara Fortuna. Plata nativa (Ag) disseminada junto a esfalerita (Sph) y pirita (Py). Sin analizador.

Las muestras de las fotomicrografías 79, 80, 83 y 84 pertenecen al proyecto "Prefase de Exploración Proyecto Rara Fortuna. Evaluación Económica" (1988-1989, Dirección Nacional de Minería y Geología). Repositorio de pulidos calcográficos del SEGEMAR.

E) DEPÓSITOS EPITERMALES ASOCIADOS A ROCAS VOLCÁNICAS

1) DEPÓSITOS DE BAJA SULFURACIÓN O DEL TIPO ADULARIA-SERICITA

Modo de yacencia

Son vetas de cuarzo asociadas a *stockworks* y a brechas hidrotermales y, algunas veces, a zonas diseminadas. Se forman en ambiente epizonal asociado a volcanismo en ambiente extensional ya sea de arco o intraplaca.

Mineralogía

- Mayoritarios: pirita, oro, *electrum*, plata
- Minoritarios: acantita, esfalerita, calcopirita, galena, sulfosales de plata, arsenopirita, marcasita, pirrotina
- Minerales transparentes: adularia, sericita, baritina

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La paragénesis se caracteriza por un bajo contenido en sulfuros (< 1%) dominados por pirita y menor cantidad de marcasita. El oro, como nativo o *electrum*, se presenta dendrítico, a veces asociado con naumanita o pirita, y está típicamente presente en bandas botrioidales o con texturas en cocarda, crustiformes y coloformes, de cuarzo o calcedonia acompañado por adularia y, en ocasiones, por carbonatos de manganeso.

Los sulfuros presentes en cantidades de trazas consisten en esfalerita, calcopirita, galena, sulfosales de plata, menor cantidad de arsenopirita y escasa pirrotina. La abundancia de la esfalerita, galena y calcopirita puede incrementarse con la profundidad, por debajo de la zona enriquecida en oro.

Es característica la presencia de calcita *bladed* reemplazada en forma pseudomorfa por sílice (indicativo del nivel de ebullición), *sinter* síliceo y niveles de calcedonia macizos.

Ejemplos:

Provincia auroargentífera del Macizo del Deseado, Santa Cruz (yacimientos Cerro Vanguardia,

El Dorado-Monserrat, La Josefina, Manantial Espejo, Huevos Verdes)

Incluye numerosos depósitos epitermales de Au-Ag de baja sulfuración de los cuales el ejemplo más destacado es el yacimiento Cerro Vanguardia, ubicado 110 km en línea recta al noroeste de Puerto de San Julián. El área de las estancias El Dorado-Monserrat se localiza 20 km al oeste de Cerro Vanguardia. La Josefina se sitúa en el sector sudoeste del departamento Deseado. Manantial Espejo, se localiza 10 km al norte de la estancia homónima, 100 km al sudoeste de Cerro Vanguardia. El yacimiento Huevos Verdes, se encuentra 20 km en dirección sur-sudeste de la confluencia de los ríos Pinturas y Deseado.

La roca de caja de la gran mayoría de los depósitos está constituida por ignimbritas riolíticas y tobas de edad jurásica. Todos los depósitos son marcadamente vetiformes, caracterizados por vetas de cuarzo y, en menor proporción, *stockworks* de venillas de sílice, brechas y diseminaciones. En todos ellos la mineralización se encuentra en vetas de relleno (de cuarzo predominante) con texturas masiva, brechosa, en peine, crustiforme, coloforme; *stockworks*, cuerpos silicificados y de reemplazo asociados a brechas y a sectores de *sinter* síliceo (Schalamuk *et al.* 2002).

Los minerales de mena más frecuentes son *electrum* (fotomicrografías 85 y 88), oro nativo (fotomicrografías 86 y 87), plata nativa y acantita. Pueden estar acompañados por sulfuros como pirita (fotomicrografías 85 y 87), arsenopirita, galena, esfalerita (fotomicrografía 85), calcopirita, marcasita y acantita, y sulfosales de Ag como freibergita, pirargirita, stromeyerita, miargirita y polibasita. En algunos yacimientos, se encontraron especies minerales de Au y Ag como la *uytenbogaardtita* en el caso de Cerro Vanguardia y Mantial Espejo y *petzita* (ej. Cerro Vanguardia) (Zubia *et al.* 1999, Etcheverry *et al.* 1997). En el caso de El Dorado-Monserrat, la mena solo está acompañada por pirita, magnetita y hematita, sin presencia de sulfuros ni sulfosales (Echavarría 1995, Echavarría 2004).

El oro nativo se presenta diseminado o en pequeñas fisuras en cuarzo, en *boxworks* y, como en el caso de Cerro Vanguardia, incluido en galena y esfalerita (Genini 1988). Aparece en forma de chispas con hábitos irregulares, subredondeados, en

escamas y arborescente. Su tamaño puede variar entre 5 y 350 μn , llegando, como en La Josefina, hasta 2 milímetros (Del Blanco *et al.* 1994, Echavarría *et al.* 1996, Schalamuk *et al.* 1998). Frecuentemente presenta zonalidad composicional (debido a la variación en el contenido de plata) con coloración amarilla más intensa hacia los bordes (Schalamuk *et al.* 2002).

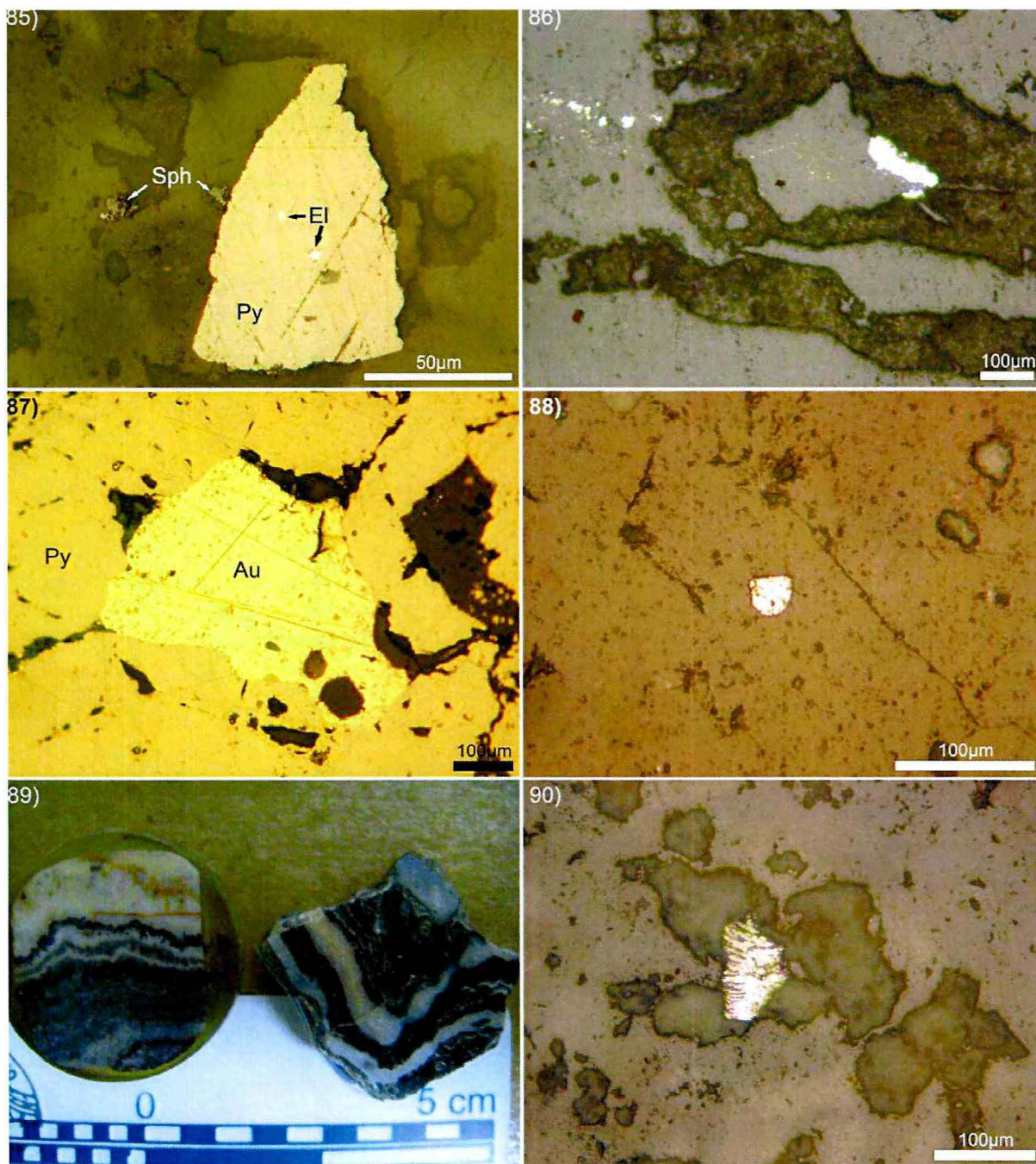
El electrum aparece en granos anhedrales y subredondeados, diseminados en cuarzo y en menor proporción, asociado a acantita y en boxwork de piritita. Su tamaño varía entre 2-5 hasta más de 100 micrómetros (Schalamuk *et al.* 2002).

La plata nativa aparece frecuentemente como chispas (3-12 hasta 30 μn) en cuarzo, aunque también se encuentra asociada a "limonitas" y eventualmente a acantita (Schalamuk *et al.* 2002).

Cordón Esquel, provincia de Chubut: se encuentra ubicado 12 km al noreste de la localidad de Esquel. La mineralización, alojada en volcanitas y volcanoclásticas jurásicas, se presenta en vetas compuestas principalmente por calcedonia

y cuarzo (fotografía 89), y menor proporción de illita, calcita, adularia y trazas de rodonita. Las texturas más comunes son de crecimiento primario y de recristalización. Las primeras están representadas por un espacio inicial abierto que es rellenado por el mineral, con textura crustificada y en cocarda; menos frecuentes son el reemplazo pseudomorfo de calcita por sílice y la textura brechosa. Las segundas reflejan la transformación de sílice amorfa o calcedonia (Soechting 2001, Márquez 2009).

Los minerales metalíferos de las vetas son de pequeños tamaños y consisten en abundantes piritita, marcasita y rutilo, y menor cantidad de arsenopiritita, *fahlore*, galena, calcopiritita, esfalerita, antimonita, oro, freibergita, plata, hessita y pirargirita. El oro se presenta como nativo y *electrum* (fotomicrografía 90), en granos que pueden alcanzar hasta los 120 μm , diseminados en la calcedonia crustiforme-coloforme, incluido en los sulfuros y/o asociado con pirobitumen. Los valores auríferos más elevados se registran en el clavo Galadriel Sur (Sillitoe *et al.* 2002).



Fotomicrografía 85: Manantial Espejo. Pirita (Py) con inclusiones de *electrum* (El). Sin analizador. Gentileza de Mario Zubia.

Fotomicrografía 86: Cerro Vanguardia. *Electrum* diseminado. Sin analizador.

Fotomicrografía 87: Huevos Verdes. Oro nativo (Au) incluido en pirita (Py). Sin analizador.

Fotomicrografía 88: El Dorado, sin analizador. Grano de *electrum* en cuarzo. Sin analizador.

Fotografía 89: Juliana (izquierda) y Galadriel (derecha), Cordón Esquel. Textura bandeada compuesta por cuarzo y calcedonia.

Fotomicrografía 90: Galadriel, Cordón Esquel. Grano de *electrum* diseminado en cuarzo. Sin analizador.

Las muestras de Manantial Espejo, Huevos Verdes y El Dorado son gentileza de Mario Zubia.

Las muestras de Cerro Vanguardia y Cordón Esquel pertenecen a la Colección del Repositorio de Pulidos Calcográficos del SEGEMAR.

Mina Martha, provincia auroargentífera del Macizo del Deseado, Santa Cruz

Se sitúa en el sector sudoccidental del Macizo del Deseado, 60 km al noreste de Gobernador Gregores.

Este depósito forma parte de un sistema de vetas de relleno alojadas en las rocas volcánicas jurásicas. La mineralización consiste en vetas de cuarzo y adularia con texturas maciza, brechosa, en peine, *stockworks* y reemplazos (Gonzalez Guillot *et al.* 2004, Cedillo Frey *et al.* 2009).

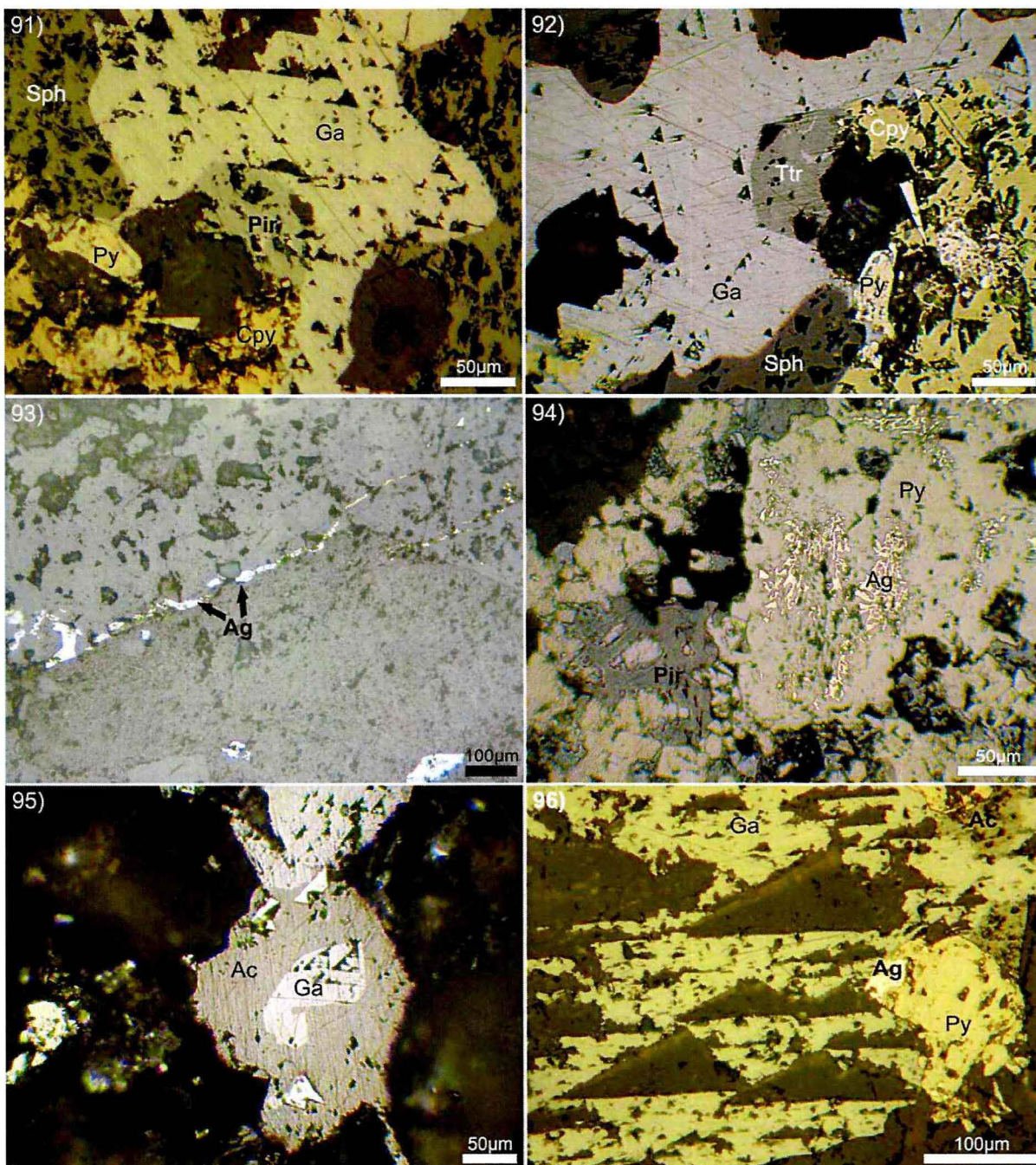
La mena se presenta como "nidos" de hasta varios centímetros de diámetro y en venillas de diverso espesor. Los principales minerales hipogénicos son pirargirita (fotomicrografías 91 y 94), miargirita, tetraedrita argentífera-freibergita (fotomicrografía 92), polibasita (y/o estefanita), plata nativa (fotomicrografías desde 93, 94 y 96) y *electrum*. Como supergénicos, se observan acantita (fotomicrografía 95 y 96) y cerargirita (Gonzalez Guillot *et al.* 2004)

Gonzalez Guillot *et al.* (2004) han identificado cinco pulsos de mineralización (Fig. 9 en anexo 2). El pulso A es el responsable de la silicificación y adularización que afectó a la roca de caja; la mineralización asociada consistió en pirita, arseno-

pirita, marcasita y esfalerita, diseminadas y en venillas. El pulso B está representado por una vena de cuarzo y adularia con abundantes intercrecimientos entre calcopirita, pirita, marcasita, galena y esfalerita, reemplazadas por tetraedrita argentífera, polibasita y plata nativa. El pulso C dio lugar a la veta principal compuesta por cuarzo y adularia con numerosas venillas portadoras de sulfosales de plata. El pulso D consiste en una brecha matriz sostén con clastos de roca de caja y veta con bordes angulosos a subredondeados, y en algunos casos con textura *jig-saw*. La matriz está compuesta por sílice microcristalina y diseminación de pirargirita, pirita, arsenopirita, tetraedrita, calcopirita, esfalerita y galena. La brecha se encuentra atravesada por venillas portadoras de sulfosales de plata.

El pulso E está representado por una veta secundaria con escasa mineralización de plata.

Con respecto al modelo de depósito, Mina Martha presenta una relación Ag/Au que oscila entre 900-1000: 1 y contiene una alta proporción de metales base, lo cual lleva a Gonzalez Guillot *et al.* (2004) a considerarla como un yacimiento epitermal de sulfuración intermedia.



Fotomicrografía 91: Mina Martha. Galena (Ga) en contacto con pirargirita (Pir), esfalerita (Sph), pirita (Py) y calcopirita (Cpy). Sin analizador.

Fotomicrografía 92: Mina Martha. Galena (Ga) junto a esfalerita (Sph), tetraedrita (Ttr), calcopirita (Cpy) y pirita (Py). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 93: Mina Martha. Fibra de plata nativa (Ag) en ganga. Sin analizador.

Fotomicrografía 94: Mina Martha. Plata nativa (Ag) con textura pseudomirmequítica en pirita (Py), asociada a pirargirita (Pir). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 95: Mina Martha. Galena (Ga) reemplazada centrípetamente por acantita (Ac). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 96: Mina Martha. Galena (Ga) asociada a plata nativa (Ag) y pirita (Py). Escasa acantita (Ac) reemplazando galena. Sin analizador.

Las muestras son gentileza de Mario Zubia.

2) DEPÓSITOS AURÍFEROS DE ALTA SULFURACIÓN O DEL TIPO CUARZO-ALUNITA

Modo de yacencia

Son vetas de cuarzo y brechas, con mineralización de oro, asociadas a sistemas hidrotermales en ambientes de margen continental convergente con presencia de estratovolcanes construidos sobre plutones, los cuales pueden comprender mineralización de Cu tipo pórfiro.

Mineralogía

- Mayoritarios: pirita, enargita, *fahlore*, oro, calcopirita
- Minoritarios: *electrum*, telururos, esfalerita, covellina, bornita, galena, antimonita
- Minerales transparentes: cuarzo, alunita, baritina, caolinita, anhidrita, dickita

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La presencia de minerales de cobre como enargita, luzonita o famatinita indica un estadio de alta sulfuración. La mineralización se presenta como vetas, diseminación, reemplazo y stockworks. También hay venas de sulfuros masivos bandeados consistentes en pirita-enargita que pueden cortar, frecuentemente, cuerpos de cuarzo cavernoso (*vuggy quartz*).

La enargita aparece como cristales prismáticos y en agregados subredondeados anhedrales intercrecida con famatinita. A diferencia de esta última y de la luzonita, la enargita no muestra maclas salvo en raras ocasiones en que ha sido sometida a esfuerzos.

Ejemplos

Distrito La Mejicana, provincia de La Rioja

Se ubica en el faldeo oriental del Nevado de Famatina, 35 km al noroeste de la localidad de Chilecito. El depósito es de tipo vetiforme y responde a varios estadios de depositación de la mineralización que se aloja en lutitas ordovícicas

(Tabacchi 1953, Marcos y Nieto 1968, Marcos y Zanettini 1981, Losada Calderón y Bloom 1990, Losada Calderón *et al.* 1994, Losada Calderón y McPhail 1996, Paar *et al.* 1997, Brodtkorb y Schalamuk 1999).

En general, las texturas de las vetas son masivas y, a veces, bandeadas con alternancia de minerales de cobre y pirita con melnikovita (fotomicrografía 99) con los minerales de ganga. Los minerales metalíferos más abundantes son enargita, famatinita (fotografías desde 97 a 99), *fahlore* con As, Sb, Bi, Te, calcopirita y pirita. En menor cantidad, hay esfalerita, galena, bornita, oro nativo, molibdenita (fotomicrografía 100), bournonita, estannita y marcasita (Brodtkorb y Schalamuk 1999). Localmente se encuentran colusita y minerales de bismuto (Brodtkorb y Paar 1993b). El contenido de metal precioso puede relacionarse a dos paragénesis diferentes: 1) oro nativo-uytenbogaardita-pearcita-acantita y 2) goldfieldita-silvanita-krennerita-petzita-stützita-hessita (Paar *et al.* 1997).

Veladero, Cordillera Frontal, provincia de San Juan

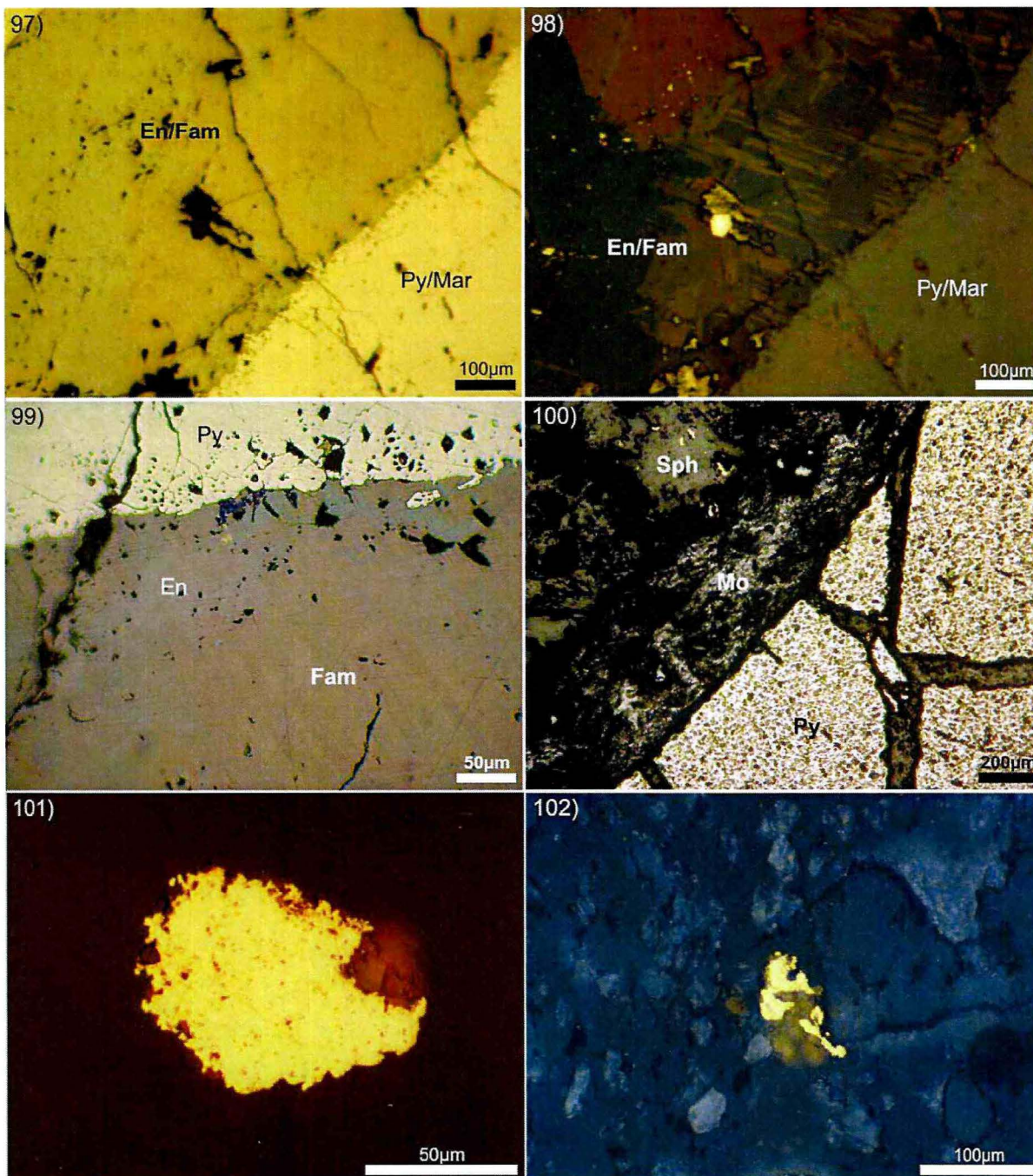
Se ubica en el extremo noroeste de la depresión volcánica del Valle del Cura, en el flanco oriental del Cinturón El Indio correspondiente al magmatismo terciario. El yacimiento se constituye de un sistema de brechas hidrotermales de distintos tipos (freáticas, de borde, transicionales y tufisitas), emplazadas en un complejo de diatrema-domo que abarca Filo Federico, Cerro Pelado y el Targuet Amable (Jones *et al.* 1999).

La mineralogía del depósito es simple y está constituida por pirita, calcopirita, esfalerita, pirrotina, arsenopirita, molibdenita y bornita.

Las alteraciones hidrotermales comprenden silicificación, que afecta a las brechas y argilitización, y propilitización en la parte exterior del sistema (Jones *et al.* 1999).

El oro se presenta libre como granos gruesos en fracturas con jarosita, hematita o goethita, y como partículas más finas encapsuladas en sílice (fotomicrografías 101 y 102).

Además, existe una mineralización de plata que no se correlaciona con la de oro y está dada por la presencia de argento-jarosita, plata nativa y cerargirita (Martínez 2000).



Fotomicrografías 97 y 98: La Mejicana. Intercrecimiento de enargita/famatinita (En/Fam) y pirita/marcasita (Py/Mar). Sin y con analizador, respectivamente.

Fotografía 99: La Mejicana. Detalle de textura bandeada compuesta por alternancia de bandas de pirita (Py) y otras de enargita (En) y famatinita (Fam). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 100: La Mejicana. Molibdenita (Mo) intersticial a pirita (Py) y esfalerita (Sph) con inclusiones de calcopirita. Sin analizador.

Fotomicrografías 101 y 102: Veladero, Filo Federico. Grano de oro en ganga de cuarzo. Sin analizador.

Las muestras de La Mejicana pertenecen a la Colección del Repositorio de Pulidos Calcográficos del SEGEMAR. Las fotomicrografías de Veladero son gentileza de la Barrick Gold Corporation.

3) DEPÓSITOS POLIMETÁLICOS Y/O DE SULFURACIÓN INTERMEDIA

Modo de yacencia

Son vetas de relleno y de reemplazo, frecuentemente asociadas a intrusivos subvolcánicos de composición intermedia y ácida, en ambiente de arco magmático.

Mineralogía

- Mayoritarios: esfalerita, galena, pirita, calcopirita, tetraedrita
- Minoritarios: sulfosales de Ag, bornita, acantita, oro, hematita, pirrotina, enargita
- Minerales transparentes: cuarzo, carbonatos de Mn, illita, adularia, sericita, baritina, fluorita

Asociación de minerales metalíferos y texturas

Las vetas se componen por agregados granulares gruesos, bandeados o macizos, de pirita, galena, esfalerita y calcopirita. La pirita, esfalerita y minerales de ganga como el cuarzo, la calcita y fluorita tienden a desarrollar cristales euhedrales. La esfalerita suele contener pequeñas gotas de calcopirita, generalmente orientadas (textura conocida como *disease*). La galena es de grano grueso y puede aparecer como agregados anhedral intersticiales a pirita y esfalerita, o en cristales bien desarrollados. La tetraedrita es común en escasa cantidad y suele ser la fase portadora de plata; aparece en forma de pequeñas gotas redondeadas incluidas en galena o asociada a la calcopirita.

Varios depósitos muestran una paragénesis compleja con múltiples episodios de precipitación, deformación y reemplazo. Las modificaciones en la naturaleza del fluido mineralizante dan lugar a cambios mineralógicos evidenciados en bandeamientos y zonación de cristales individuales (ej. esfalerita).

Ejemplos

Capillitas, provincia de Catamarca

La mina se encuentra en el extremo norte de la Sierra de Capillitas, departamento de Andalgalá. La mineralización consiste en vetas lenticulares a tabulares alojadas en rocas graníticas y volcánicas

miocenas (Angelelli y Rayces 1946, Varese y Navarro 1949, Angelelli *et al.* 1974, Márquez-Zavalía 1988, 1995 y 1999, Putz 2005, Putz y Paar 2003, Putz *et al.* 2009).

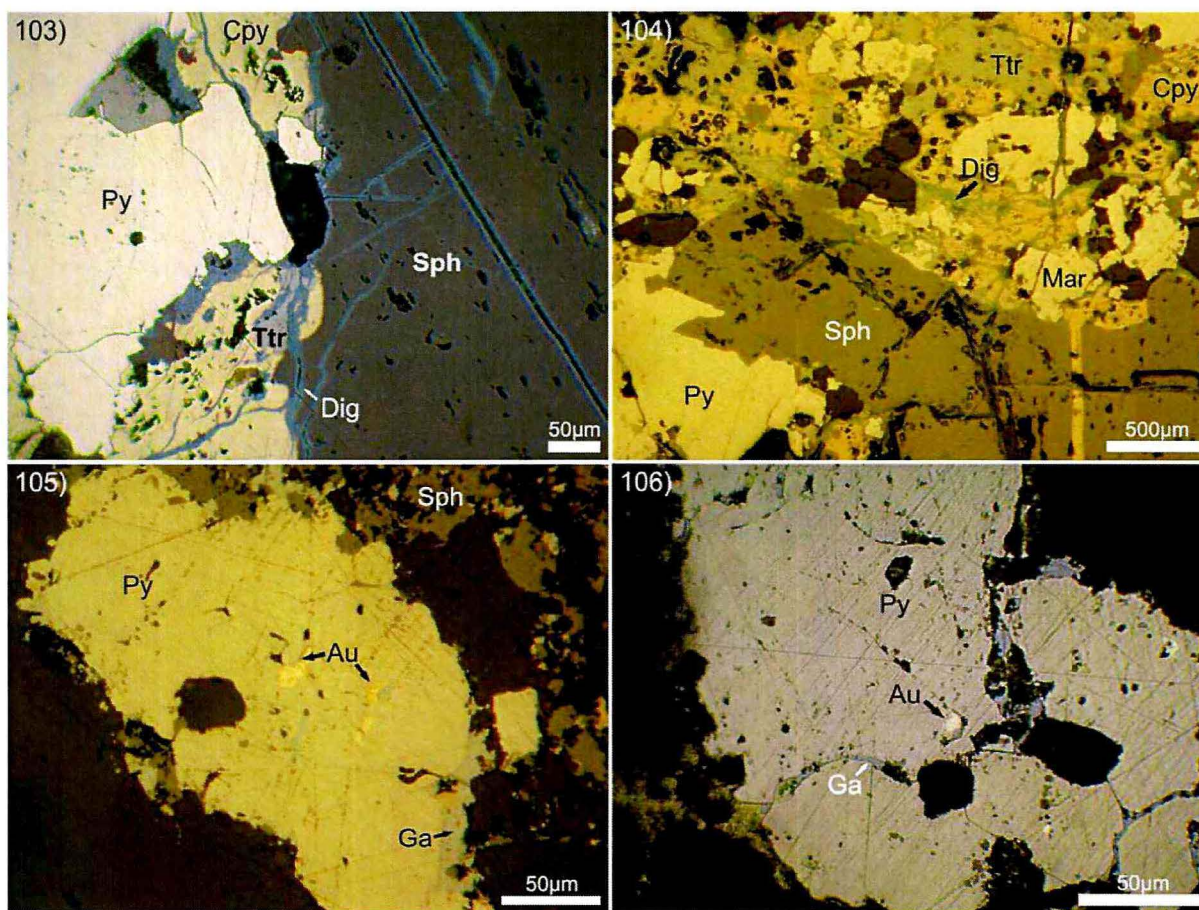
El estudio mineralógico realizado por Márquez Zavalía (1988) evidenció la presencia de más de 100 especies minerales entre primarias y secundarias. Los minerales primarios más abundantes son: pirita, esfalerita, galena, calcopirita, marcasita, pirrotina, tennantita, enargita, bornita, estannita y oro. Entre los minerales secundarios, predominan calcosina, covellina, digenita, "limonitas" y óxidos de manganeso. Los minerales de ganga son fundamentalmente cuarzo, alunita y rodocrosita.

Marquez Zavalía (1995) identificó cuatro grupos de texturas: 1) texturas primarias: de relleno (la bandeada es muy característica y consiste en la sucesión de pirita, calcopirita, rodocrosita o esfalerita, galena, *fahlore* (fotomicrografía 103), enargita y cuarzo), de reemplazo tipo caries, coloforme y granular; 2) texturas secundarias, de las cuales la brechosa es común y consiste en fragmentos de pirita cementados por galena, esfalerita, calcopirita (fotomicrografía 104), *fahlore*, cuarzo, rodocrosita y capillitita; 3) texturas de exsolución; y 4) texturas internas de los cristales (clivaje, zonada, de deformación, etc.).

Putz *et al.* (2009) tuvieron las siguientes consideraciones para el modelo genético de Capillitas: Cu, As, Te, Sn y Au representan elementos característicos de un primer estadio de alta sulfuración (con temperaturas entre 300 y 200°C), mientras que la asociación Zn, Pb y Ag es típica del estadio de sulfuración intermedia, con temperaturas entre 280 a 100°C (Fig.10 en anexo 2).

Huemules, provincia de Chubut

Se encuentra 27 km al noroeste de la localidad de Esquel. La mineralización se aloja en una secuencia volcano-sedimentaria de edad jurásica. Se agrupa en cuatro zonas principales que son Huemules norte, centro, sur y Mallín Blanco; y comprende tres pulsos mineralizadores. El primero dio lugar a una mineralización en vetas, brechas y *stockworks*, de pirita, calcopirita, galena y *electrum* en ganga de cuarzo y calcita. El segundo pulso aparece cortando al anterior y está representado por esfalerita, galena, menor cantidad de pirita, calcopirita y altos tenores en oro y plata; la ganga es calcita, cuarzo, yeso y anhidrita. El tercer pulso es típico de la zona de Mallín Blanco y consistió en galena, esfalerita, calcopirita y pirita, en



Fotomicrografía 103: Capillitas. Asociación de pirita (Py), esfalerita (Sph), calcopirita (Cpy) y tetraedrita (Ttr), atravesadas por microvenillas de digenita (Dig). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 104: Capillitas. Típica asociación pirita (Py)-marcasita (Mar)-esfalerita (Sph)-tetraedrita (Ttr)-calcopirita (Cpy), con reemplazo supergénico de microvenillas de digenita (Dig). Sin analizador.

Fotomicrografía 105: Huemules. Oro nativo (Au) incluido en pirita (Py) rodeada por esfalerita (Sph) y galena (Ga). Sin analizador.

Fotomicrografía 106: Huemules. Oro nativo (Au) incluido en pirita (Py) penetrada por microvenillas de galena (Ga). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Las muestras de Capillitas pertenecen a la Colección del Repositorio de Pulidos Calcográficos del SEGEMAR. Las muestras de Huemules son gentileza de Mario Zubia.

ganga de cuarzo y rodonita (Herrero *et al.* 1986, Viera *et al.* 1988, Viera y Hughes 1999).

El oro se presenta como nativo o *electrum*, y su tamaño varía de 5 a 100 micrómetros. Aparece como inclusiones en esfalerita, galena, calcopirita, pirita (fotomicrografías 105 y 106) y cuarzo (Viera y Hughes 1999).

Los minerales de la zona de oxidación son azurita, malaquita, hematita, jarosita, rutilo y "limonitas" (Viera y Hughes 1999).

Distrito El Quevar, provincia de Salta

Se localiza en el sector occidental del estrato-volcán homónimo, 55 km al oeste-suroeste de San Antonio de los Cobres. La mineralización polimetálica comprende vetas portadoras de Pb-Ag-Zn con Cu-Bi y Sn, alojadas en dacitas mioce-

nas (Brodtkorb *et al.* 1978, Goddart *et al.* 1999, Robl 2003 y 2009, Robl *et al.* 2009).

De acuerdo con Brodtkorb *et al.* (1978) y Robl *et al.* (2009), las mineralizaciones se alinean a lo largo de una falla, en forma de venillas, bolsones y diseminaciones, todas ellas intermitentes y de poco desarrollo.

Robl *et al.* (2009) diferencian dos estadios principales de mineralización: el primero conformado por una serie de minerales de plata, *fahlore*, *famatinita*, miembros de la serie *lilianita* y del grupo de la *andorita*, *bourbonita*, *seligmannita* y *galena* con texturas muy complejas (fotomicrografías 107, 108, 109 y 110). El segundo estadio se constituye de *galena*, *esfalerita*, *geocronita*, *jordanita* y *boulangerita* con ganga de *baritina*, más *sulfosales* de Pb y Sb.

La mineralización se presenta generalmente en cuarzo cavernoso, en huecos dejados por el brechamiento de la roca hospedante, como así también ocupa lugares dejados por la alteración y la solubilización de fenocristales de feldespatos.

Distrito Cerro Negro, provincia de La Rioja

Se encuentra a unos 30 km en línea recta de la ciudad de Chilecito. Consiste en una serie de cuerpos vetiformes, ricos en paragénesis de Ag-Zn-Pb con contenidos menores de Ni-Co-Te-Au, alojados en pizarras ordovícicas. Las vetas más importantes son la Peregrina y la Viuda (Bodenbender 1913, Ríos Gómez 1990, Ríos Gómez *et al.* 1992, Schalamuk *et al.* 1977, Schalamuk y Logan 1994, Brodtkorb *et al.* 1996, Schalamuk y Logan 1999).

La mineralización de La Peregrina presenta un estilo de estructura vetiforme brechosa con clastos de roca de caja cementados por siderita. Los minerales se encuentran en finas venillas compuestas por siderita (fotomicrografías 111 y 112) con piritita, esfalerita (*schalenblenda*, fotomicrografías 111 y 112) y galena, o en venillas más gruesas conformadas por rodocrosita ferrífera asociada a los minerales de plata. Son comunes los rellenos de espacios abiertos en forma de cavidades y las costrificaciones (fotografía 113) (Schalamuk y Logan 1994). La plata nativa se observa en granos o placas de hasta 1 o 5 mm asociadas a esfalerita, siderita (fotomicrografía 112), galena y acantita. Una segunda generación de plata se presenta como dendrítica junto a los carbonatos de Fe, Mn, Mg y Ca.

La secuencia paragenética fue establecida en tres estadios (Fig. 11 en anexo 2): el primero se caracterizó por la precipitación de minerales de Cu, Zn y Pb en ganga de siderita. La mineralización principal tuvo lugar en el segundo estadio con minerales de Ag (freibergita, pirargirita, proustita y otros), Ni (niquelina, rammelsbergita), Co (safflorita) y Au, metales base y ganga de rodocrosita ferrífera, ankerita, baritina, cuarzo y sericita. El tercer estadio comprende la depositación de telururos (altaíta) en ganga de calcita y cuarzo (Schalamuk y Logan 1994).

Navidad, provincia de Chubut

El yacimiento se localiza sobre la ruta provincial 4, equidistante de las localidades de Gastre (al oeste) y Gan Gan (al Este), en el departamento de Gastre. Se compone de tres "trenes" mineralizados alojados en una secuencia volcánica-sedimentaria jurásica (Lhotka *et al.* 2005).

La paragénesis metalífera consiste en galena, marcasita, piritita, plata nativa (fotomicrografía 114), tetraedrita, acantita (fotomicrografía 114 y 115), calcosina (fotomicrografías desde 115 a 118), esfalerita y cobre nativo, con ganga de baritina, calcita y calcedonia (Lhotka *et al.* 2005). Estos minerales se presentan como relleno de brechas hidrotermales, vetas y *stockworks* que cortan traquiandesitas, y como rellenos de brechas sedimentarias y volcánoclasticas (Lhotka *et al.* 2005). De acuerdo con Márquez y Zubia (2008), la mineralización se dispone esencialmente como relleno de brechas hidrotermales en la traquiandesita; el brechamiento y relleno de sulfuros en los sedimentos es escaso mientras que el reemplazo por calcedonia-galena-esfalerita es irregular en calizas y está controlado por delgadas venillas. Los mencionados autores sugieren que de acuerdo con la tipología metalogénica, se trataría de un depósito de sulfuración intermedia, caracterizado por la abundancia de calcita/baritina y sílice escasa o ausente.

Cerro Redondo, provincia de Jujuy

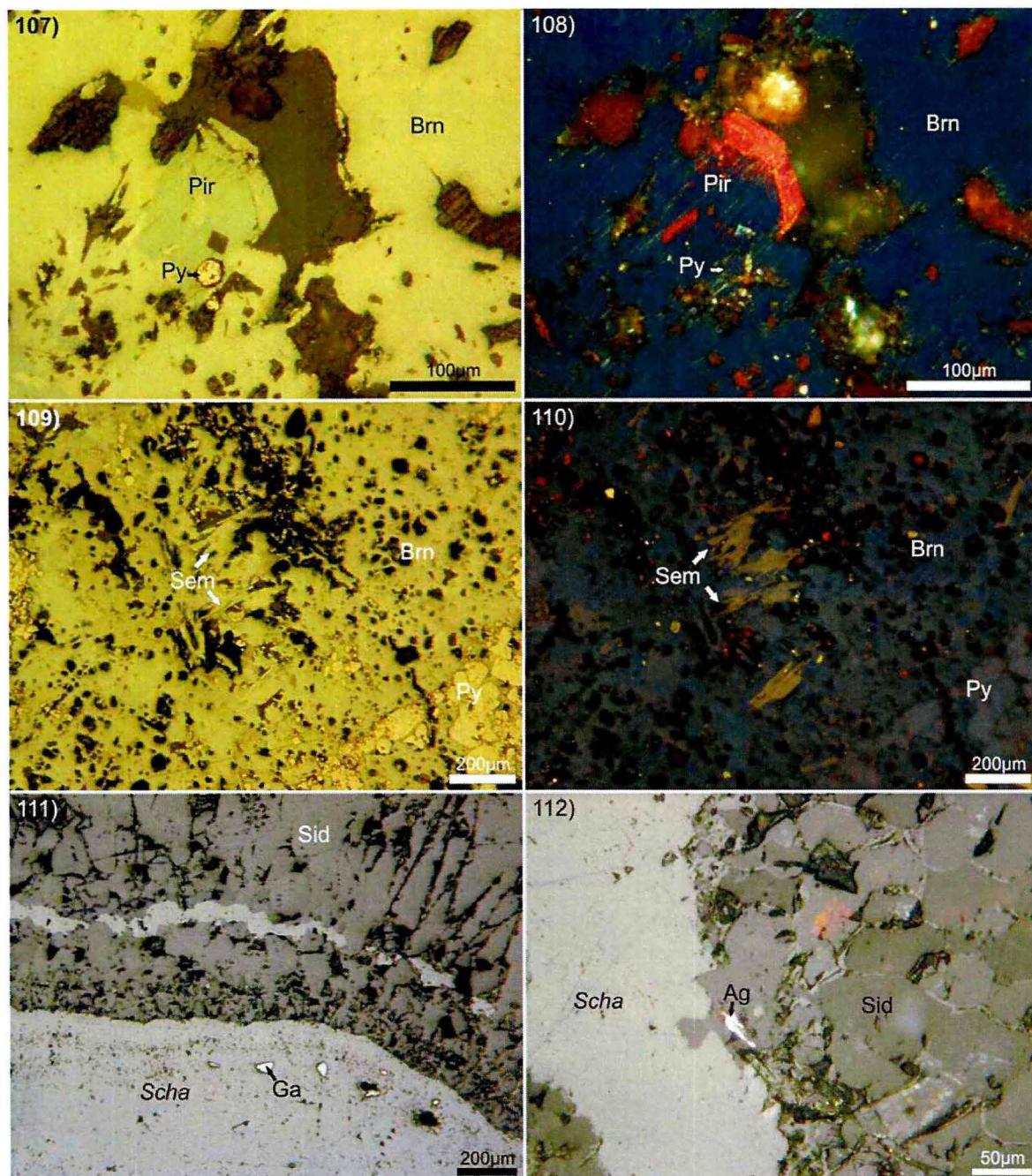
Se ubica en el flanco oriental de la Sierra de Rinconada. La mineralización, predominantemente vetiforme y raramente diseminada, se depositó conjuntamente con el brechamiento, la turmalinización y la silicificación de la roca de caja dacítica miocena (Caffe y Coira 1999).

Sureda y Brito (1992) reconocen tres pulsos de mineralización hipogénica. El primero con piritita, arsenopiritita y calcopiritita, coetáneo con la turmalinización y la silicificación de la brechas (fotomicrografía 119). Luego, se produjo una etapa durante la cual la piritita y la marcasita fueron reemplazadas por la esfalerita y la galena. Finalmente existió un episodio de menor temperatura que produjo venillas silíceas portadoras de tennantita, bournonita, oro y otras sulfosales de Pb, As, Sb, Bi y Ag de las cuales vale considerar a la sartorita (fotomicrografía 120) por ser, hasta el momento, la única mención de este mineral en el país.

Concordia, provincia de Jujuy

Se encuentra 15 km al noroeste de la localidad de San Antonio de los Cobres. Las vetas mineralizadas se alojan en conglomerados cretácicos y presentan una estructura brechosa con espacios abiertos tapizados con cristales de cuarzo (Argañaraz *et al.* 1982, Sureda 1992).

La paragénesis dominante consiste en agregados policristalinos de tetraedrita argentífera y esfalerita, con piritita, bournonita, galena y calco-



Fotomicrografías 107 y 108: El Quevar, mina Vince. Agregado granular constituido por abundante bournonita (Brn) y menor proporción de pirargirita (Pir) asociada a otras sulfosales de plata, "fahlore" y pirita (Py). Sin y con analizador respectivamente

Fotomicrografías 109 y 110: El Quevar, mina Vince. Agregado de bournonita (Brn) granular y semseyita (Sem) fibrosa. Sin y con analizador, respectivamente.

Fotomicrografías 111 y 112: Cerro Negro. Textura bandeada compuesta por alternancia de "schalenblenda" (Scha) con inclusiones de galena (Ga), y siderita (Sid) conteniendo laminillas de plata nativa (Ag). Sin analizador.

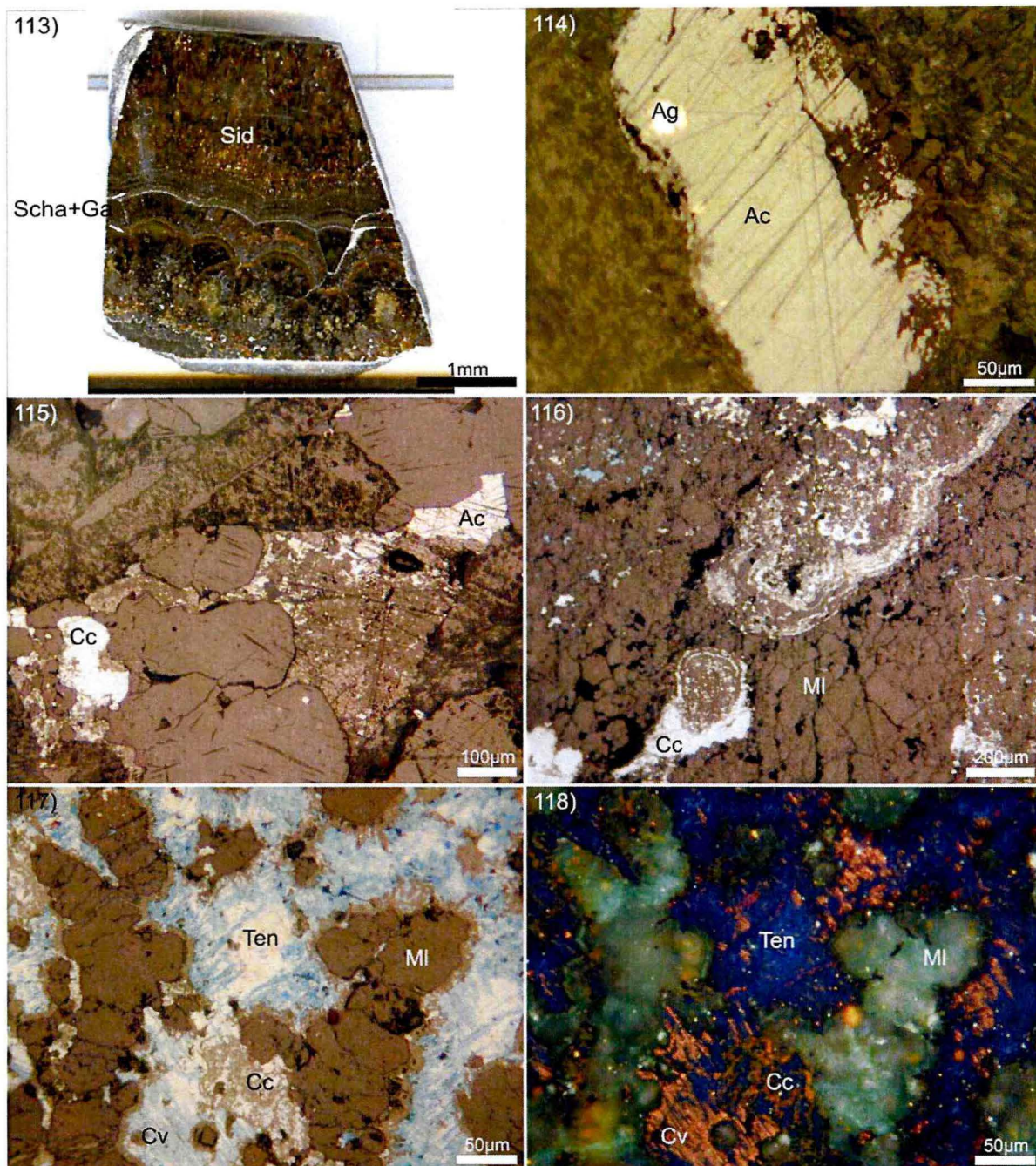
Las muestras de El Quevar son gentileza de Milka Brodtkorb.

Las muestras de Cerro Negro pertenecen al proyecto "Evaluación geológica previa a la prospección y exploración del distrito minero de Cerro Negro, Sistema de Famatina, provincia de La Rioja" (1986-1990, Dirección Nacional de Geología y Minería). Repositorio de pulidos calcográficos del SEGEMAR.

pirita, en cantidades subordinadas. Como accesorios, se encuentran, entre otros, zinckenita (fotomicrografías 121 y 122), antimonita y jamesonita con texturas fibrosas, fibrorradiadas o agregados granulares (Sureda 1992).

Pan de Azúcar, provincia de Jujuy

Se ubica en el extremo sudoeste de la depresión de Pozuelos, 50 km al oeste de Abra Pampa. La mineralización es vetiforme (Jesuíta es la veta principal) y se aloja en dacitas miocenas (Segal de



Fotografía 113: Cerro Negro. Muestra de mano donde se observa la textura bandeada costrificada compuesta por bandas de schalenblende con galena (Scha+Ga) y siderita (Sid).

Fotomicrografía 114: Navidad, sector Loma de la Plata. Acanthita (Ac) con inclusiones de plata nativa (Ag). Sin analizador.

Fotomicrografía 115: Navidad, sector Loma de la Plata. Acanthita (Ac) y calcosina (Cc) diseminadas. Sin analizador.

Fotomicrografía 116: Navidad, sector Cerro Navidad. Agregado reniforme costrificado de calcosina (Cc), óxidos de hierro y malaquita (MI). Sin analizador.

Fotomicrografías 117 y 118. Navidad, sector Cerro Navidad. Calcosina (Cc) reemplazada por covellina (Cv) y tenorita (Ten). Sin y con analizador, respectivamente.

Las muestras de Navidad son gentileza de Minera Argenta S.A.

Svetliza 1980, Caffè 1998). Consiste en un 80 % de minerales hipogénicos de los cuales son más abundantes esfalerita, galena, marcasita y pirita. Las texturas más frecuentes son la granular, de relleno, de reemplazo (ej. de galena por anglesita), de

brecha y el bandeo rítmico (alternancia de esfalerita, sulfosales de plata, galena, pirita, marcasita y ganga) (Segal de Svetliza 1980).

Segal de Svetliza (1980) reconoce tres variedades de esfalerita: la más común, pardo oscura,

(fotomicrografías desde 123 a 126), la pardo-rojiza correspondiente posiblemente a ex würtzita (fotomicrografías 125 y 126) y una tercera de color caramelo que originalmente pudo haber sido "*schalenblenda*" y que recrystalizó (fotomicrografías 125 y 126).

La greenockita es un mineral común y tiende a depositarse intersticialmente en el clivaje de la galena y rodeando, en asociación con cristales de fluorita, como así también junto a esfalerita con textura coloforme (fotomicrografías 123 y 124) (Segal de Svetliza 1980).

La galena es portadora de varias sulfosales como bournonita, boulangerita, freibergita, pirargirita y fizelyita (Brodtkorb *et al.* 2000).

La zona de cementación fue totalmente agotada por la extracción del mineral económico solo quedan relictos de anglesita, cerusita, jarosita, "limonitas" y óxidos de manganeso.

En la figura 12 del anexo 2, se presenta el diagrama paragenético propuesto por Segal de Svetliza (1980) para Pan de Azúcar.

En función de las características propias de la alteración hidrotermal, de la composición y de la textura de la mena y de la composición de fluidos, Pan de Azúcar fue clasificado como un yacimiento epitermal polimetálico de sulfuración intermedia (Caffe y Coira 2008).

Julio Verne, distrito Organullo, provincia de Salta

Se localiza 30 km al sur de la localidad de San Antonio de los Cobres. Consiste en vetas cuarcíferas subvolcánicas relacionadas a dacitas y andesitas calcoalcalinas del Mioceno-Plioceno (Sureda *et al.* 1994).

La mina Julio Verne posee dos vetas paralelas con una paragénesis polimetálica compleja y variable, con predominio de sulfuros de hierro, y *fahlore*. En cantidades menores y con distribución irregular, se encuentran calcopirita, bornita, esfalerita, enargita, sulfosales de Cu-Bi, Pb-Cu-Bi, Cu-Sn, Bi-Se-Te (Paar *et al.* 2000a), arsenopirita y oro nativo.

Los minerales de bismuto más comunes son la emplectita y la tetraedrita bismutífera (fotomicrografía 127). La primera suele presentarse en mosaicos anhedrales poligranulares en los reemplazos y en bandas costrificadas paralelas en los rellenos. La aikinita presenta texturas de relleno y suele encontrarse en la emplectita (fotomicrografías 127 y 128) (Sureda *et al.* 1994).

Gonzalito, provincia de Río Negro

Se encuentra al sureste de la Sierra de Pailaman, 120 km al noreste de la localidad de San

Antonio Oeste. Las vetas se alojan en esquistos, gneises y anfibolitas. Presentan textura compacta, con algunos espacios abiertos rellenos por cristales de yeso (del Monaco 1971).

Gozalvez *et al.* (2008) observaron que las vetas se componen de abundante galena, esfalerita, pirita y calcopirita, y menor participación de pirrotina, arsenopirita, enargita (fotomicrografía 129), bornita, marcasita y sulfosales de plata incluidas en la galena. Los mencionados autores han detectado además la presencia, en la roca de caja, de plata nativa en granos irregulares diseminados (fotomicrografía 130) y en venillas asociada a esfalerita. La galena se presenta en agregados granulares y muestra por sectores sus líneas de clivaje levemente curvadas. Contiene escasas inclusiones de diámetros variables entre 5 y 18 μm , de probables pirargirita, stephanita y acantita.

La esfalerita contiene "gotas" de calcopirita, parte de las cuales tienen núcleos de pirrotina.

Ángela, distrito Los Manantiales, provincia de Chubut

Se ubica al norte de la localidad de Gastre, en el departamento homónimo. La mineralización es vetiforme y se aloja en volcanitas de edad jurásica (Márquez 1999). Presenta texturas de relleno de espacios abiertos como crustificación, cocardas y drusas, brechas; y de reemplazo. Los minerales hipogénicos más abundantes identificados son pirita, calcopirita, galena, esfalerita y hematita especular (fotomicrografía 131). En menor proporción hay arsenopirita, betekhtinita, bornita, *electrum*, matildita, oro (fotomicrografías 132 y 133) y plata nativa. Los minerales de ganga son cuarzo y adularia (Arizmendi *et al.* 1996).

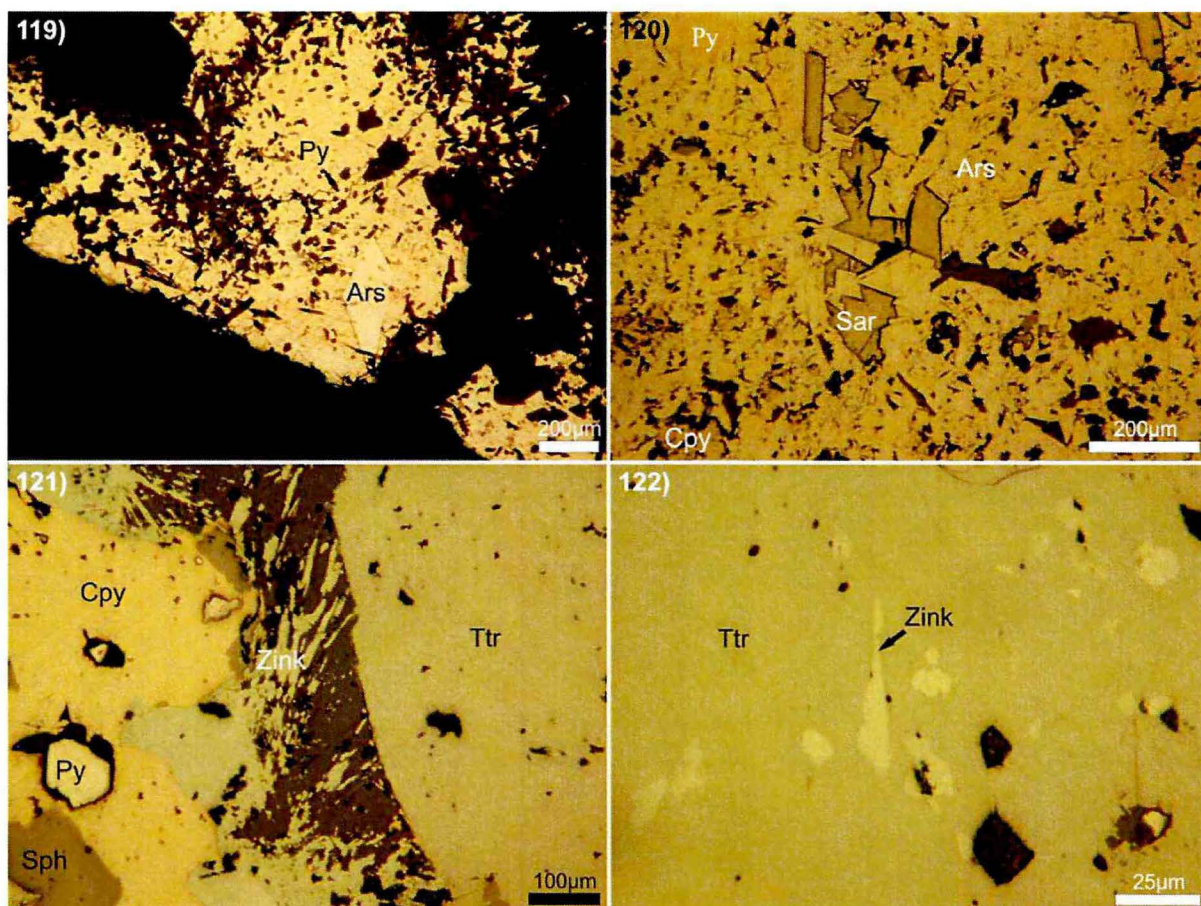
La galena presenta inclusiones de aikinita, cervelliita, miharaita, dos variedades de witichenita (fotomicrografía 133) y teluro nativo (Arizmendi *et al.* 1996). Se destaca el primer hallazgo a nivel mundial de la angelaíta (Topa *et al.* 2004).

En la zona de enriquecimiento supergénico, cabe mencionar la presencia de cobre nativo, acantita, idaita, covellina y digenita.

Brodtkorb y Paar (2004) sugieren que el depósito correspondería a un epitermal de sulfuración intermedia.

El Pingüino, provincia de Santa Cruz

Se encuentra ubicado en el sector central del Macizo del Deseado, 40 km al noroeste y en la misma estructura regional que el yacimiento Cerro Vanguardia.



Fotomicrografía 119: Cerro Redondo. Arsenopirita (Ars) intercrecida con pirita (Py). Sin analizador.

Fotomicrografía 120: Cerro Redondo. Satorita (Sar) en típica asociación con arsenopirita (Ars). Sin analizador.

Fotomicrografía 121: Concordia, nivel 7. Agregado fibroso de zinkenita (Zink) intercrecida con cuarzo. Se asocian abundante tetrahedrita (Ttr), calcopirita (Cpy), esfalerita (Sph) y pirita (Py). Sin analizador.

Fotomicrografía 122: Concordia, nivel 7. Zinkenita (Zink) en tetrahedrita (Ttr). Sin analizador.

Las muestras de Cerro Redondo y Concordia son gentileza de Ricardo Sureda.

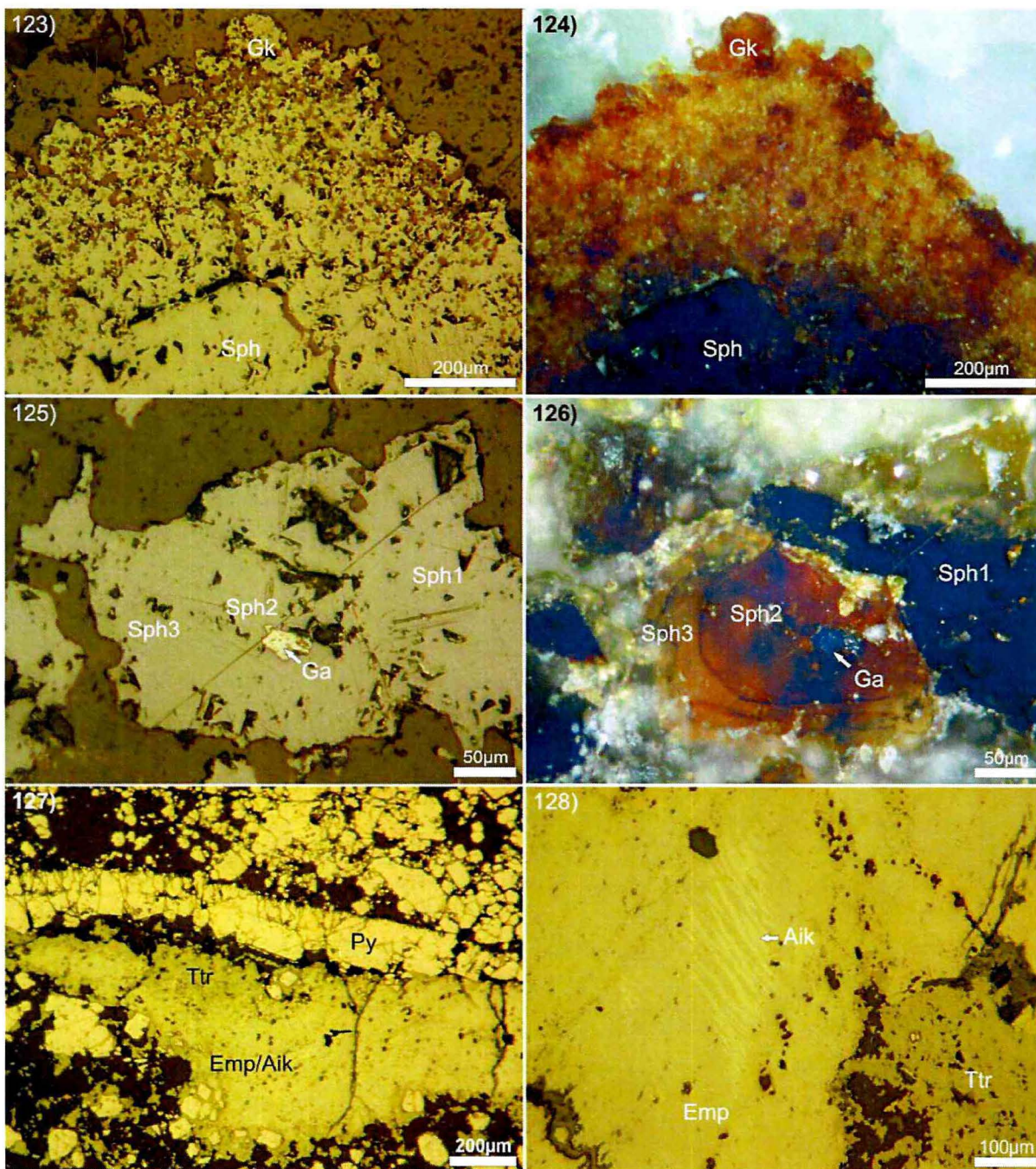
El depósito está ubicado sobre un domamiento producido por una intrusión profunda de edad incierta, en la cual se encuentran cuerpos plutónicos y subvolcánicos de dos tipos: dioritas de 194 Ma (Jurásico inferior) y pórfiros andesíticos de 168 Ma (Jurásico medio). Ambos eventos magmáticos intruyen a sedimentitas continentales y volcano-génicas del Triásico superior y Jurásico inferior, y están asociados con extensas mineralizaciones vetiformes metalíferas ubicadas en el mismo sistema estructural y que configuran un sistema zonado (<http://www.argentinamining.com>).

Las dioritas tienen asociadas vetas polimetálicas, arealmente restringidas, con una importante cantidad de sulfuros de metales base en ganga de cuarzo y carbonatos (Guido *et al.* 2009, Jovic *et al.* 2010). En profundidad, esta mineralización aparece como brechas y vetas de sulfuros masivos de hasta 15 m de potencia, con asociacio-

nes mineralógicas portadoras de Sn y W (Jovic *et al.* 2005).

Los pórfiros andesíticos se asocian a vetas de cuarzo ricas en oro, plata y un porcentaje menor de sulfuros de metales base (Guido *et al.* 2009, Jovic *et al.* 2009 y 2010). En superficie, Zubia *et al.* (2008) observan oro y plata nativa (ver fotomicrografía 134), con menor proporción de pirita y escaso enriquecimiento supergénico representado por covellina y digenita. Una textura característica es el bandeamiento costriiforme.

De acuerdo con Zubia *et al.* (2008), la mineralización de Ag y Au junto a Pb, Cu y Zn responde a un modelo de depósito epitermal de sulfuración intermedia, mientras que la presencia de mineralización polimetálica con anomalías de As, Cd, Sn, W y Bi se ajustaría mejor con paragénesis de depósitos generados en las proximidades de fuentes ígneas intrusivas.



Fotomicrografías 123 y 124: Pan de Azúcar, nivel -60. Greenockita (Gk) de textura coloforme depositada en los bordes de la esfalerita (Sph) variedad "pardo oscura". Sin y con analizador, respectivamente.

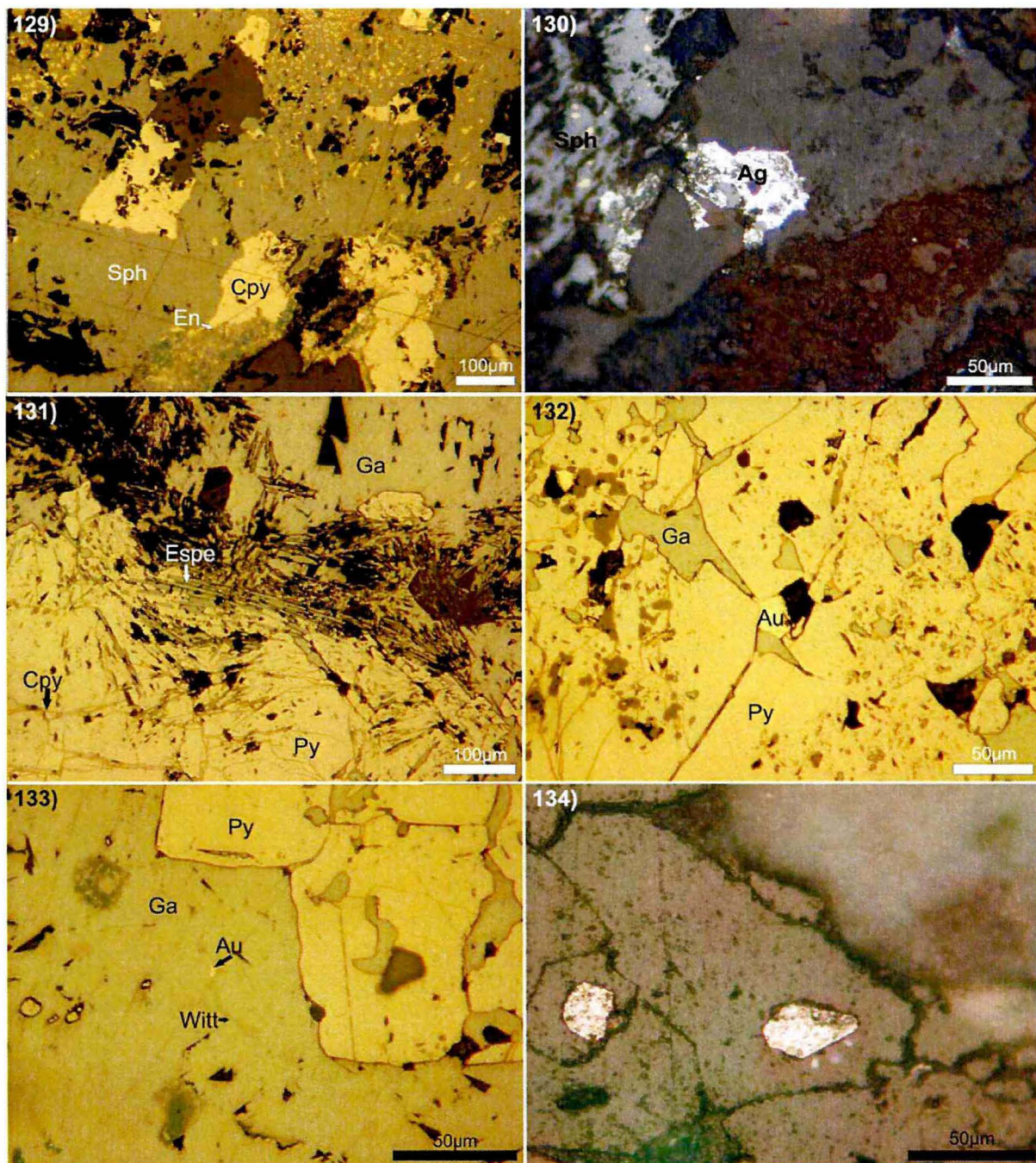
Fotomicrografías 125 y 126: Pan de Azúcar, nivel -60. Esfalerita pardo oscura (Sph1), asociada a esfalerita pardo rojiza (Sph2) ex grano de würtzita. Hacia los bordes pasa a esfalerita variedad caramelo (Sph3). Sin y con analizador, respectivamente.

Fotomicrografía 127: Julio Verne. Textura bandeada constituida por bandas de pirita (Py), un intercrecimiento entre emplectita (Emp) y aikinita (Aik) con tetraedrita (Ttr) asociada, y mineral de ganga. Sin analizador.

Fotomicrografía 128: Julio Verne. Simplectitas de aikinita (Aik) en emplectita (Emp). Sin analizador.

Las muestras de Pan de Azúcar pertenecen a la Tesis Doctoral de Segal de Svetliza "Estudio Mineralógico y Consideraciones genéticas del distrito minero Pan de Azúcar, departamento Rinconada, provincia de Jujuy, Argentina" (1979, Universidad Nacional de Tucumán). Repositorio de pulidos calcográficos del SEGEMAR.

Las muestras de Julio Verne son gentileza de Ricardo Sureda.



Fotomicrografía 129: Gonzalito. Enargita (En) reemplazada parcialmente por covellina, asociada a calcopirita (Cpy) y esfalerita (Sph) con exsoluciones de calcopirita. Sin analizador.

Fotomicrografía 130: Gonzalito. Plata nativa (Ag) disseminada en roca de caja y asociada a esfalerita (Sph) con "gotas" de calcopirita. Sin analizador.

Fotomicrografía 131: Ángela. Especularita (Espe) asociada a pirita (Py) y galena (Ga). Microvenillas de calcopirita (Cpy) atraviesan pirita. Sin analizador.

Fotomicrografía 132: Ángela. Oro nativo (Au) incluido en pirita (Py). Sin analizador.

Fotomicrografía 133: Ángela. Inclusiones de wittichenita (Witt) y oro nativo (Au) en galena (Ga). Sin analizador.

Fotomicrografía 134: El Pingüino. Plata nativa disseminada. Sin analizador.

Las muestras de Gonzalito pertenecen al proyecto "Estudio Metalogénico de Mina Gonzalito" (2008-2010, SEGEMAR).

Las muestras de Ángela son gentileza de Milka Brodtkorb.

La muestra de El Pingüino pertenece al proyecto "Modelo de mineralización en El Pingüino (depósito Cerro León), región del Deseado, Santa Cruz" (2008, SEGEMAR).

4) DEPÓSITOS POLIMETÁLICOS RICOS EN Sn O DE TIPO BOLIVIANO

Modo de vacencia

Son vetas de relleno de multiestadios mineralizantes, asociadas a intrusiones subvolcánicas en ambiente de arco magmático en etapas sinorogénicas o tardio-orogénicas. Localmente, las vetas se asocian a cuerpos subvolcánicos con mineralización diseminada y en stockwork, los cuales constituyen pórfiros de Sn.

Mineralogía

- Mayoritarios: pirita, casiterita, arsenopirita, marcasita, pirrotina, estannita
- Minoritarios: calcopirita, esfalerita, galena, tetraedrita, sulfosales de Ag, oro, plata nativa, franckeita, molibdenita, bismuto, bismutinita, acantita, wolframita, magnetita, sulfosales complejas de Sn, telururos, covellina
- Minerales transparentes: cuarzo, apatita, fluorita

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La precipitación de los minerales metalíferos ocurre en espacios abiertos en varios estadios de mineralización. El más temprano está dominado por cuarzo y casiterita, pero también puede contener considerable turmalina, bismutinita, arsenopirita, apatita y "wolframita". El estadio siguiente contiene pirrotina, esfalerita, calcopirita y estannita, y también puede contener franckeita, casiterita, arsenopirita y minerales portadores de plata. Los estadios más tardíos de desarrollo de vetas involucran la alteración de pirrotina a pirita, marcasita y siderita con menor cantidad de esfalerita, y la formación de fosfatos hidratados.

En general, las secuencias metalíferas muestran una zonación que comienza con Sn+W hacia Cu+Sn, Cu+Zn, Pb+Zn, Pb+Ag, Au+Ag desde el centro hacia la periferia del depósito o desde profundidad hacia la superficie. Esta zonación es conocida como *telescoping*.

Generalmente, el cuarzo junto a la casiterita desarrolla texturas bandeadas. La "wolframita" puede aparecer como agregados granulares intercrecidos con cuarzo y casiterita. El bismuto

nativo se halla como gotas de alteración en bismutinita. La estannita se puede encontrar como gotas orientadas en esfalerita y como agregados anhedrales diseminados. La calcopirita y la pirrotina desarrollan agregados anhedrales. La pirrotina frecuentemente está reemplazada a "producto intermedio" (con desarrollo de *bird eyes*).

Ejemplo

Mina Pirquitas, provincia de Jujuy

Se ubica en el departamento de Rinconada, 135 km al oeste de la localidad de Abra Pampa.

Las vetas se hospedan en lutitas y areniscas ordovícicas y están vinculadas al magmatismo Mioceno superior-Plioceno (Ahlfeld 1950, Malvicini 1966 y 1978, Chayle 1999).

Entre las especies minerales, predominan pirita y minerales de estaño y plata. Las texturas son coloformes, costriformes, en cocardas y porosas, siempre como relleno de vetas con bandas monominerales. También son comunes las drusas y geodas, y la textura bandeada centrípeta formada por la depositación sucesiva de uno a tres minerales diferentes (Paar *et al.* 2001). Los minerales suelen presentarse intercrecidos en agrupaciones de individuos subhedrales.

Malvicini (1978) ha separado a las vetas de Pirquitas en dos grupos. El primero se caracteriza por formarse en un solo período (con dos estadios, Fig. 13 en anexo 2) con gran volumen de mineral depositado en vetas de relleno tipo "bonanza" con casiterita y sulfosales de plata como minerales económicos. El segundo grupo de vetas se formó por la depositación de minerales coincidentes con el período descrito anteriormente y fue reminerado en un segundo período caracterizado por venillas de reemplazo de escasa potencia que ocupan zonas ligeramente refracturadas y cortan a las vetas antiguas.

La pirita, el sulfuro más abundante, puede formar cristales piritóedricos de hasta 5 mm de lado con una notable zonalidad (fotomicrografía 135). En la veta Potosí, es frecuente hallar pirita-melnikovita con textura fibrosa radiada coloforme (fotomicrografía 136) (Malvicini 1978).

La casiterita es uno de los minerales más abundantes. Se reconoce en varios hábitos como granular de tamaños variables entre 20 y 300 μm (fotomicrografías 135 y 138), acicular y fibrosa en drusas superficiales, y como agregados framboioidales y botrioidales con centros de casiterita mi-

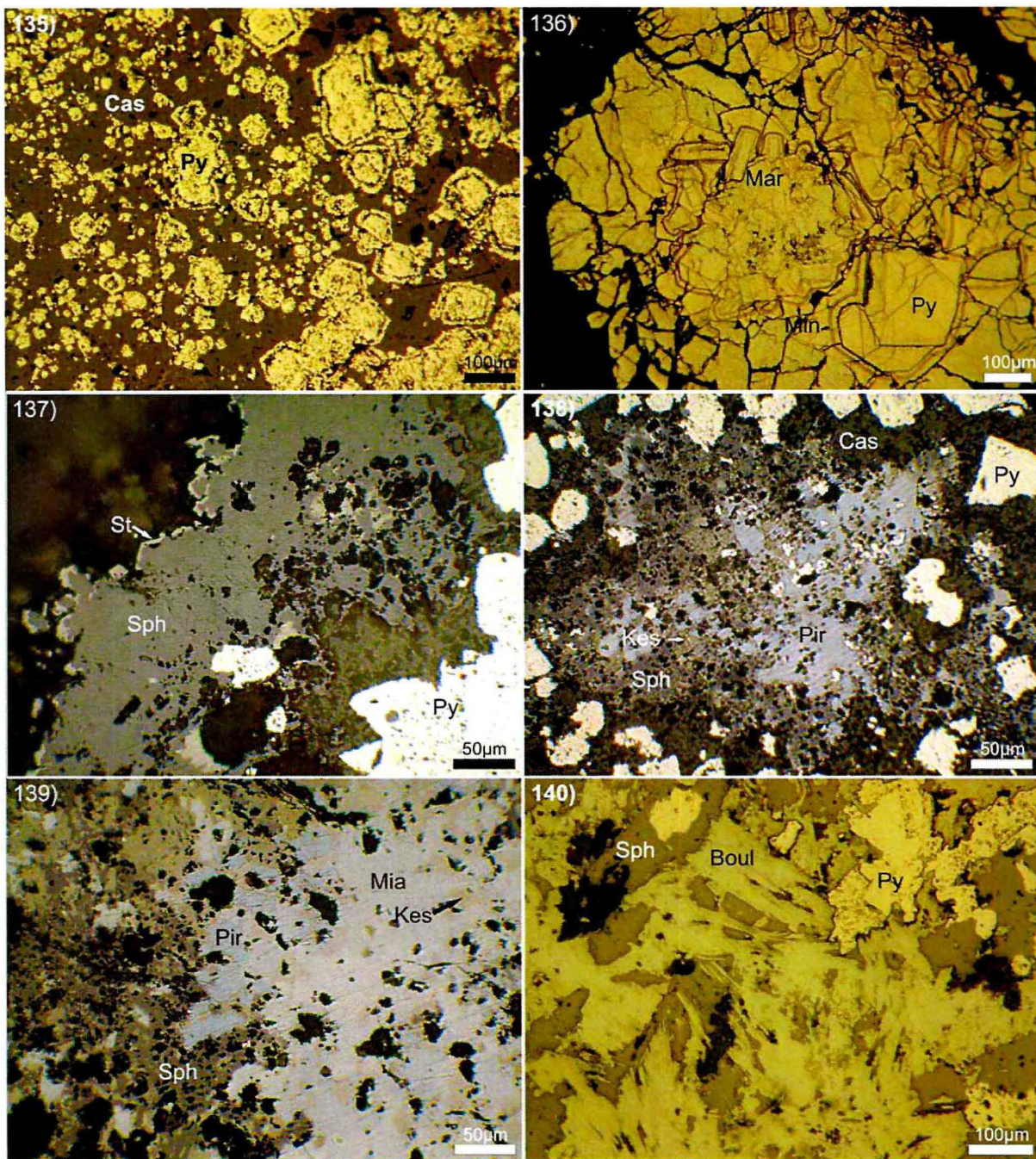
crocristalina rodeados por casiterita fibrosa (Malvicini 1978).

Con respecto a los sulfuros de Sn (grupo de la estannita), la mineralización más destacada se produjo durante el segundo período mineralizador con depositación, en zonas refracturadas de las vetas, de los minerales de plata y reemplazo de casiterita y *schalenblenda* (fotomicrografías desde 137 a 139) (Malvicini 1978). El sulfuro de Sn más abundante es la estannita s.l. (estannita-ferrokësterita) y en cantidades menores se han reconocido kësterita, canfieldita, hocartita-pirquitasita, rodoestannita-toyohaíta y petrukita (Paar *et al.* 1996a, Paar *et al.* 2001). En la veta Oploca, se reportó el primer ha-

llazgo a nivel mundial de sureadita (Paar *et al.* 2000b) y coiraíta (Paar *et al.* 2008).

Las sulfosales de plata más conspicuas son la pirargirita y la miargirita (fotomicrografías 138 y 139), que se depositaron hacia el final de los períodos mineralizadores. Reemplazaron *schalenblenda*, sulfuros de estaño y freibergita; y rellenaron drusas (Malvicini 1978).

Una de las sulfosales de antimonio y plomo más abundantes en los niveles más superficiales de las vetas es la boulangerita. Esta forma agregados granulares, fibrosos (fotomicrografía 140), aciculares y tabulares, que reemplazan a *schalenblenda*, galena y pirita (Malvicini 1978).



Fotomicrografía 135: Mina Pirquitas, veta Potosí. Diseminación de pirita (Py) en granos con zonalidad y casiterita (Cas) granular. Sin analizador.

Fotomicrografía 136: Mina Pirquitas, veta Potosí. Pirita (Py)-melnicovita (Mln) con marcasita (Mar) asociada. Sin analizador

Fotomicrografía 137: Mina Pirquitas, veta Potosí. Esfalerita (Sph) reemplazada con bordes de estannita (St). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 138: Mina Pirquitas, veta Potosí. Agregado granular constituido por pirita (Py), casiterita (Cas), esfalerita (Sph), pirargirita (Pir) y kèsterita (Kës). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 139: Mina Pirquitas, veta Potosí. Pirargirita (Pir) junto a miargirita (Mia), que reemplazan kèsterita (Kes) y esfalerita (Sph). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 140: Mina Pirquitas, veta Potosí. Boulangerita (Boul) fibrosa que reemplaza a la esfalerita (Sph). Sin analizador.

Muestras pertenecientes a la Colección del Repositorio de Pulidos Calcográficos del SEGEMAR.

5) DEPÓSITOS DISEMINADOS DISTALES

Modo de yacencia

Mineralización supergénica como cemento de conglomerados de secuencias sedimentarias de retroarco terciario.

Mineralogía

- Mayoritarios: malaquita, azurita, crisocola, sulfuros de plata, cobre nativo
- Minoritarios: oro nativo, plata nativa, esfalerita, galena, calcosina, calcopirita, antimonita
- Minerales transparentes: cuarzo, manganocalcita, aragonita

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La mineralización está controlada por la permeabilidad primaria de la roca huésped.

Las texturas más comunes son: bandeada crustificada, stockworks y brechas cementadas con sílice. Los sulfuros y elementos nativos son de grano fino y están diseminados en las rocas sedimentarias silicificadas.

Ejemplos

Eureka, provincia de Jujuy

Se localiza 30 km al oeste de Santa Catalina, sobre el flanco occidental de la Sierra de Rinconada. La asociación mineralógica comprende crisocola, malaquita, cuprita y cobre nativo; y se aloja en un conglomerado terciario (Rius y Wleklinski 1953, Zappettini y Segal 1999).

El cobre nativo es muy abundante en ciertos sectores y está asociado a la cuprita y tenorita (fotomicrografías 141 y 142). La crisocola se encuentra en mayor proporción que la malaquita con textura fibrosa y radiada. En las labores del nivel 40, aumenta la proporción de cuprita y cobre nativo, a los que se asocian calcosina, tenorita y azurita. El oro es escaso y aparece como láminas y chispas con dimensiones de hasta 20 micrómetros (Zappettini y Segal 1999).

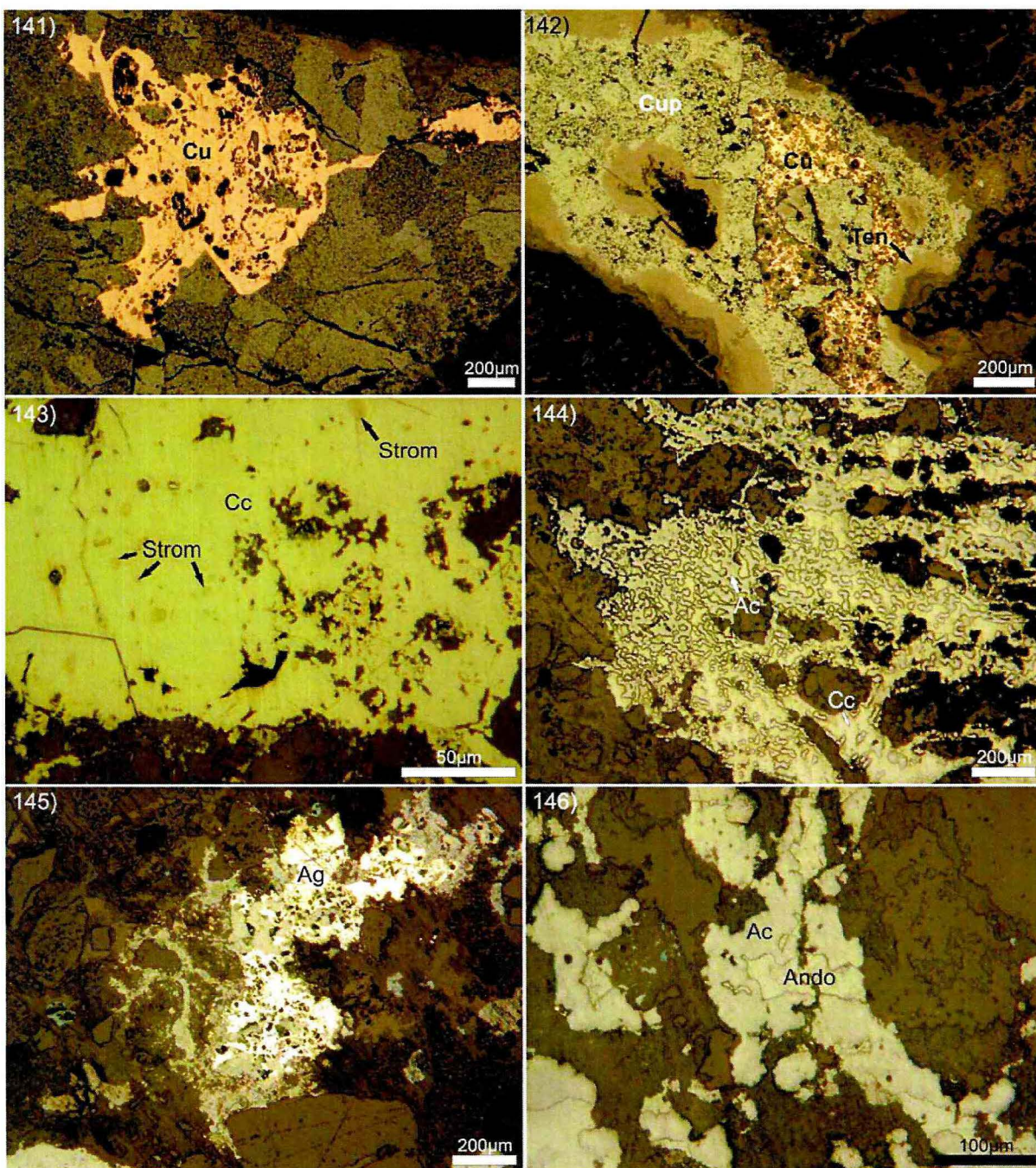
En cuanto a su génesis, se considera que el cobre se vincula con fuentes termales distales, en tanto el oro constituye parte de un paleoplacer de ríos anastomosados (Zappettini y Segal 1999).

Providencia, provincia de Jujuy

Se ubica en el departamento Susques, 10 km al norte del Salar Olaroz Chico. La paragénesis dominante es supergénica, de cementación, con una limitada alteración hidrotermal y yace en un ortoconglomerado polimíctico con intercalaciones de areniscas y limos calcáreos (Argarañaz 1973, Garavilla 1984, Lizarraga 1981, Peralta y Sureda 1992, Segal 1999).

Los minerales primarios son muy escasos con notables texturas de reemplazo y entre ellos se encuentran galena, pirita, esfalerita, oro nativo y plata nativa (Peralta y Sureda 1992).

Los minerales más abundantes son calcosina (fotomicrografías 143 y 144), plata nativa, acantita (fotomicrografías 144 y 146), stromeyerita (fotomicrografía 143), calcopirita, bornita, andorita (fotomicrografía 146), oro nativo y pirita; los más escasos comprenden covellina, cerargirita, cuprita, romancita, tenorita y minerales oxidados de cobre. La plata nativa es frecuente en las zonas oxidadas (fotomicrografía 145) y, macroscópicamente, se la observa como láminas que tapizan los espacios entre los clastos y el cemento (Peralta y Sureda 1992).



Fotomicrografías 141: Mina Eureka. Cobre nativo (Cu). Sin analizador.

Fotomicrografías 142: Mina Eureka. Cobre nativo (Cu) asociado a cuprita (Cup) y tenorita (Ten). Sin analizador.

Fotomicrografía 143: Mina Providencia. Calcosina (Cc) con inclusiones de stromeyerita (Strom). Sin analizador.

Fotomicrografía 144: Mina Providencia. Intercrecimiento mirrequitico entre calcosina (Cc) y acantita (Ac). Sin analizador.

Fotomicrografía 145: Mina Providencia. Plata nativa (Ag) asociada a "limonitas". Sin analizador.

Fotomicrografía 146: Mina Providencia. Andorita (Ando) junto a acantita (Ac). Sin analizador.

Las muestras de Eureka pertenecen al proyecto "Metalogénesis del oro de la Sierra de Rinconada, provincia de Jujuy" (1997, SEGEMAR).

Las muestras de La Providencia son gentileza de Ricardo Sureda.

6) DEPÓSITOS POLIMETÁLICOS RICOS EN Se-Cu-Hg

Modo de yacencia

Consisten en vetas de relleno, comunmente de pocos centímetros a varios metros de espesor, que se alojan en una amplia variedad de rocas de caja y que, en general, se asocian a diabasas.

Mineralogía

- Mayoritarios: umangita, tiemannita, clauthalita, klockmannita, eucairita, calcita, malaquita
- Minoritarios: calcosina, pirita, marcasita, calcopirita, galena, esfalerita, hematita, oro nativo, plata nativa

Asociación de minerales metalíferos y texturas

En general consisten en venas o venillas con ganga carbonática, que pueden tener asociados hematita, oro y elementos del grupo del platino, especialmente paladio. Es común la presencia de texturas dendríticas como por ejemplo seleniuros esqueléticos o dendríticos que crecen a partir de calcita con hematita.

Ejemplos

Distrito Los Llantenes, provincia de La Rioja

Se ubica 50 km al oeste de la localidad de Jagüe. Las manifestaciones del distrito se emplazan en esquistos ordovícicos, a excepción de La Ramada que se encuentra en calizas de igual edad. Se caracteriza por una paragénesis esencialmente portadora de minerales de selenio, la cual se aloja en planos de falla, en forma de venillas de escaso desarrollo. En algunos casos, también cementa a brechas producidas por fragmentación (Olsacher *et al.* 1960, Ramacioni y Olsacher 1962, Guerrero 1969a, Brodtkorb *et al.* 1990 y 1993, Brodtkorb 1999). La mineralización se compone de dos paragénesis: una de sulfuros y otra formada por seleniuros. A la primera corresponden los siguientes minerales hipogénicos: bornita, calcopirita, pirita, galena, tetraedrita, enargita, linneita, cinabrio y metacinarita. A la segunda,

umangita, tiemannita, clauthalita, klockmannita, berzelianita (fotomicrografía 147), eucairita, eskebornita, naumannita, onofrita, ferroselita, krutaíta, tyrrellita, trogtalita, fischesserita, aguilarita, jaguéita y chrisstanleyita (Paar y Topa 2004), selenio, oro y plata nativos.

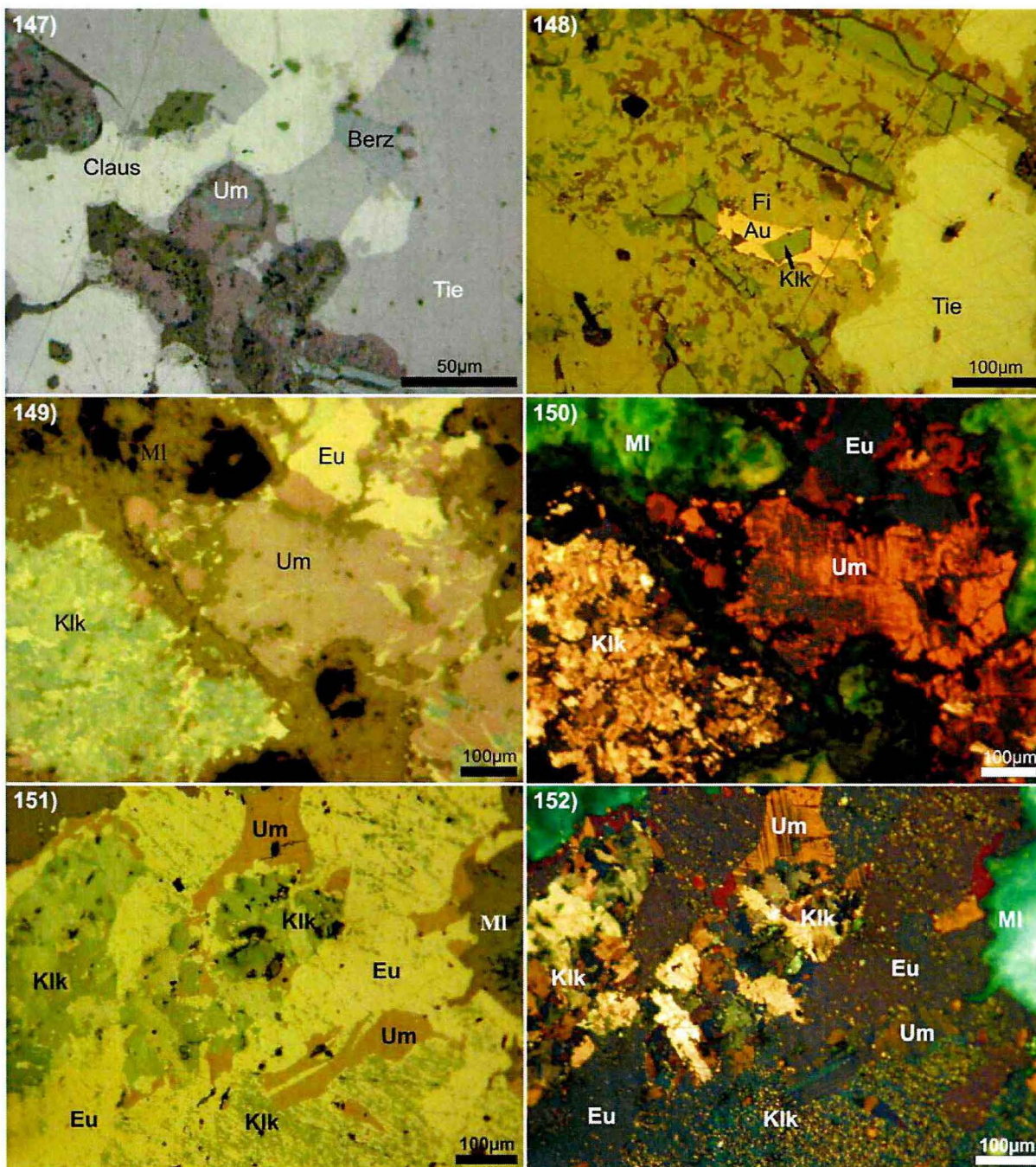
De acuerdo con Paar *et al.* (1996b y c), las masas de clauthalita muestran inclusiones: en forma de gotas de naumannita menores a 10 μm , de trogtalita de aspecto fragmentario y anguloso, y de tyrrellita. La eucairita es muy escasa y se presenta intercrecida gráficamente con umangita y, menos frecuente, con clauthalita. La eskebornita conforma agregados poligranulares junto a la asociación umangita-klockmannita-clauthalita y presenta inclusiones euhedrales de tyrrellita. La krutaíta forma agregados policristalinos de hasta medio milímetro y sus planos de clivaje se encuentran rellenos por umangita y klockmannita. La fischesserita, en agregados poligranulares anhedrales de color gris rosa pálido, está asociada a la eucairita y a oro nativo (fotomicrografía 148).

Distrito Cerro Cacho-Sierra de Umango, provincia de La Rioja

Se localiza unos 50 km al norte de la localidad de Guandacol. Los yacimientos de este distrito se denominan Tumiñico, Las Asperesas, Vega del Tolar, El Tolar, El Quemado, La Millonaria, El Hoyo y Pichanas. Los depósitos Las Asperesas, El Quemado y El Tolar. Se localizan en calizas y anfibolitas de edad precámbrica, mientras que los restantes se emplazan en esquistos de la misma edad (Guerrero 1969b, Brodtkorb 1999).

La mineralización de seleniuros se presenta como venillas, impregnaciones y cuerpos masivos en vetas de calcita (Paar *et al.* 2002). La asociación mineralógica primaria consiste en umangita, clauthalita, naumannita, eucairita, tiemannita, onofrita, stilleíta, bornita y calcopirita, mientras que los minerales secundarios son berzelianita, klockmannita, calcosina, neodigenita, covellina, malaquita, atacamita, paraatacamita (Brodtkorb 1999) y brodtkorbite (Paar *et al.* 2002).

Marcos *et al.* (2001) describen a la umangita intercrecida con klockmannita (fotomicrografías desde 149 a 152) y a la eucairita asociada a la klockmannita con textura mirmequítica (fotomicrografías 151 y 152). También determinaron inclusiones de tyrrellita en la umangita y klockmannita.



Fotomicrografía 147: Mina Dávila, distrito Los Llanenes. Asociación de umangita (Um) intercrecida con klockmannita, clausenita (Claus), tiemannita (Tie) y escasa berzelianita (Berz). Sin analizador.

Fotomicrografía 148: Mina Dávila, distrito Los Llanenes. Asociación de fischesserita (Fi), klockmannita (Klk), tiemannita (Tie) y oro nativo (Au). Sin analizador.

Fotomicrografías 149 y 150: Mina Las Asperzas, distrito Co. Cacho-Sa. Umango. Asociación de umangita (Um), klockmannita (Klk) y eucairita (Eu), rodeadas por malaquita (MI). Sin y con analizador, respectivamente.

Fotomicrografías 151 y 152: Mina Las Asperzas, distrito Co. Cacho-Sa. Umango. Asociación de umangita (Um), klockmannita (Klk) y eucairita (Eu). Sin y con analizador, respectivamente.

Las muestras de Mina Dávila son gentileza de Ricardo Sureda.

Las muestras de Las Asperzas pertenecen al proyecto "Carta Minero-Metalogenética 2969-II, Tinogasta" (2001, SEGEMAR).

F) DEPÓSITOS EXHALATIVOS Y VOLCANOGÉNICOS

1) Fe TIPO ALGOMA

Modo de yacencia

Secuencias de jaspilita (formación de hierro bandeado) alojadas en rocas volcano-sedimentarias formadas en un ambiente oceánico tectónicamente activo (cuencas de *rift*). Las rocas asociadas poseen una amplia variación en composición desde félsicas a máficas y ultramáficas, y desde grauvacas hasta lutitas negras, argilitas y *chert* interestratificado con rocas volcanoclásticas y sus equivalentes metamórficos.

El principal aporte de Fe y Si corresponde a la actividad exhalativa hidrotermal submarina asociada a un volcanismo tipo arco de islas. Regionalmente, pueden relacionarse a sulfuros masivos tipo Chipre y de manganeso volcanogénico.

Mineralogía

- Mayoritarios: magnetita, hematita.
- Minoritarios: calcopirita, pirita, arsenopirita.
- Minerales transparentes: jaspe, *chert*, ópalo-A, ópalo-CT, greenalita, cuarzo

Asociación de minerales metalíferos y texturas

Los depósitos consisten principalmente en litofacies de óxidos (hematita y magnetita) y carbonatos metamorizados que contienen entre 20 y 40 % de hierro. La hematita puede aparecer en forma de oolitas o pisolitas, como finas láminas cristalinas o como lentes orientadas subparalelas a la estratificación. La magnetita se encuentra diseminada o en bandas masivas, en granos subhedrales a euhedrales.

Los sulfuros se asocian a las facies de lutita negras calcáreas y se presentan diseminados en grano muy fino.

Ejemplos

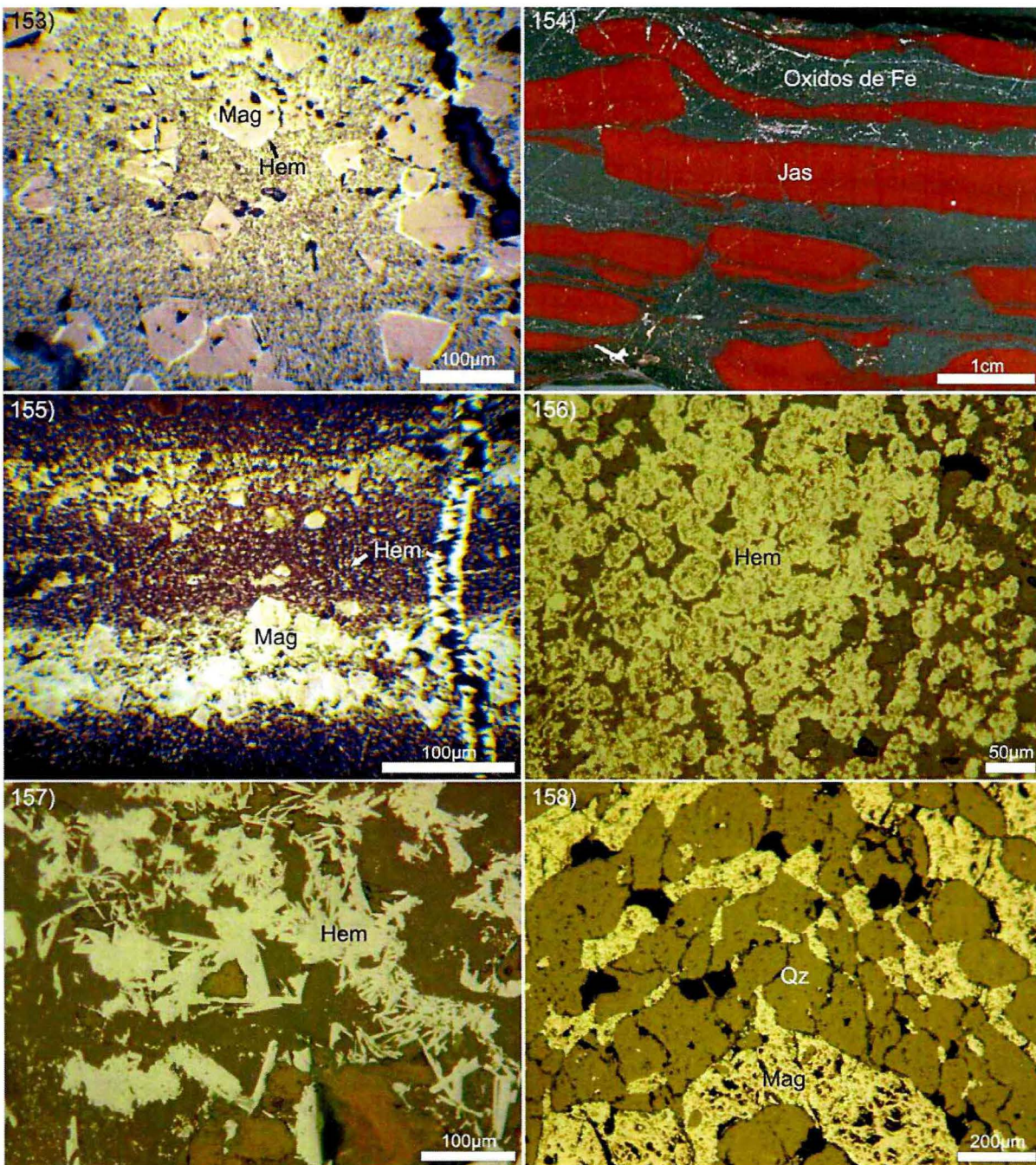
Arroyo Colomichicó, Neuquén; Cerritos Blancos-San Antonio, Sierras de Córdoba

Arroyo Colomichicó se encuentra en el sector occidental de la Cordillera del Viento. Los óxidos de hierro se encuentran en bandas alternantes

con jaspe y bandas menores de *chert* blanco, constituyendo bancos de jaspilita (Zappettini y Dalponte 2009). La mineralización se encuentra intercalada en sedimentitas y volcanitas de edad jurásica inferior (Zappettini y Dalponte 2010a), coherentes con los datos isotópicos de la mineralización (Zappettini y Dalponte 2010b).

La asociación paragenética se constituye principalmente por magnetita y hematita. La magnetita se presenta en cristales euhedrales octaédricos de 5 a 10 μm y, localmente, hasta 50 μm , en bandas de 25 a 100 μm de espesor, en parte martitizados irregularmente (fotomicrografía 153). La hematita se observa como diseminación en las bandas de jaspe que origina su color rojizo (fotografía 154), así como en agregados laminares muy finos, en algunos casos asociados a magnetita (fotomicrografía 155). También puede constituir bandas masivas y en ocasiones esferulitas de hematita pura (fotomicrografía 156) o asociada a sílice en cuyo caso es común la presencia de un cristal de hematita como núcleo de las esferulitas. Localmente, se observa greenalita asociada a magnetita. Finalmente, hay hematita laminar *platy* tardía respecto de la primaria, con dimensión de cristales de hasta 300 μm , que se presenta como reemplazo o como venillas o niveles (fotomicrografías 155 y 157). Las bandas de jaspe contienen cristales aislados de magnetita y, ocasionalmente, cristales de calcopirita y pirita, estos últimos de hasta 1 milímetro (Zappettini y Dalponte 2009).

Análisis químicos de las rocas volcánicas asociadas a la mineralización, de las jaspilitas y *cherts*, más la identificación mediante EDS de minerales como cerita-La, tornebohmita-Ce y bastnaesita sugieren que el depósito corresponde a un modelo BIF, subtipo enriquecido en ETR (Zappettini y Dalponte 2010a). En los casos en que la secuencia ha sido metamorizada, como en los depósitos Cerritos Blancos, José Santo Suárez y San Antonio, localizados en el extremo oeste del basamento de Sierras Pampeanas de Córdoba, se observa una asociación consistente en bandas de magnetita y cuarzo de granulometría variable (fotomicrografía 158). En estos cuerpos, la mineralización de hierro consiste en una asociación de hematita-ilmenita, con trazas de sulfuros, interestratificada en un gneis con pasaje transicional a migmatita (Di Marco y Mutti 2005).



Fotomicrografía 153: Ao. Colomichicó. Magnetita (Mag) euhedral con martitización irregular concentrada en los bordes de los cristales, diseminada en matrix de hematita (Hem) de grano muy fino. Sin analizador.

Fotografía 154: Ao. Colomichicó. Textura bandeada con características lentes de jaspe (Jas) intercaladas en óxidos de hierro.

Fotomicrografía 155: Ao. Colomichicó. Textura bandeada compuesta por lentes de hematita (Hem) de grano muy fino y capas de magnetita (Mag) con martitización irregular. En el margen derecho se observa una venilla de hematita secundaria. Sin analizador.

Fotomicrografía 156: Ao. Colomichicó. Esferulitas compuestas por hematita (Hem). Sin analizador.

Fotomicrografía 157: Ao. Colomichicó. Hematita platy (Hem). Sin analizador.

Fotomicrografía 158: San Antonio. Bandas plegadas de magnetita (Mag) martitizada y cuarzo (Qz). Sin analizador.

Las fotomicrografías de Ao. Colomichicó son gentileza de Eduardo Zappettini.

La muestra de San Antonio es gentileza de Eduardo Zappettini.

2) Mn - (Fe) VOLCANOGÉNICO

Modo de yacencia

Secuencias de jaspilita manganesífera y niveles de minerales de Mn alojados en rocas volcano-sedimentarias y sedimentarias formadas en un ambiente oceánico tectónicamente activo. Las rocas asociadas son de una amplia variación entre volcanitas de composición desde félsicas a máficas, y desde calizas hasta lutitas negras. Usualmente, se asocian a niveles de hierro bandeado.

El principal aporte de Mn y Si corresponde a la actividad exhalativa hidrotermal submarina, considerándose una mineralización de tipo distal en relación a la fuente. Regionalmente pueden relacionarse a sulfuros masivos.

Mineralogía

- Mayoritarios: jacobsonita, óxidos de Mn-Fe
- Minoritarios: alabandino (?), magnetita, hematita, esfalerita, galena, pirita
- Minerales transparentes: Rodocrosita, tefroíta, pennantita, jaspe, cuarzo microcristalino, baritina

Asociación de minerales metalíferos y texturas

Los depósitos consisten principalmente, en litofacies de óxidos, carbonatos y, menos comúnmente, silicatos de manganeso, usualmente metamorfizados en facies de esquistos verdes, y con contenido entre 20 y 40 % de manganeso.

Ejemplos

La Casualidad, Cerro Atravesada, Neuquén

El yacimiento está localizado en el extremo norte de la Sierra de Chachil, en cercanías de la localidad Primeros Pinos. La presencia de cherts manganesíferos y ferríferos en este depósito y su posición estratigráfica dentro de la Formación

Chachil, de edad jurásica inferior, fue descrita por Leanza *et al.* (1990) quienes compararon a esta manifestación con otros yacimientos similares de Mn volcanogénico submarino del mundo.

La mineralización de manganeso se presenta en bancos de entre 0,20 y 0,75 m de potencia, en una extensión discontinua de más de 500 metros. Está asociada a calizas silicificadas, chert ferrífero y tobas dacíticas.

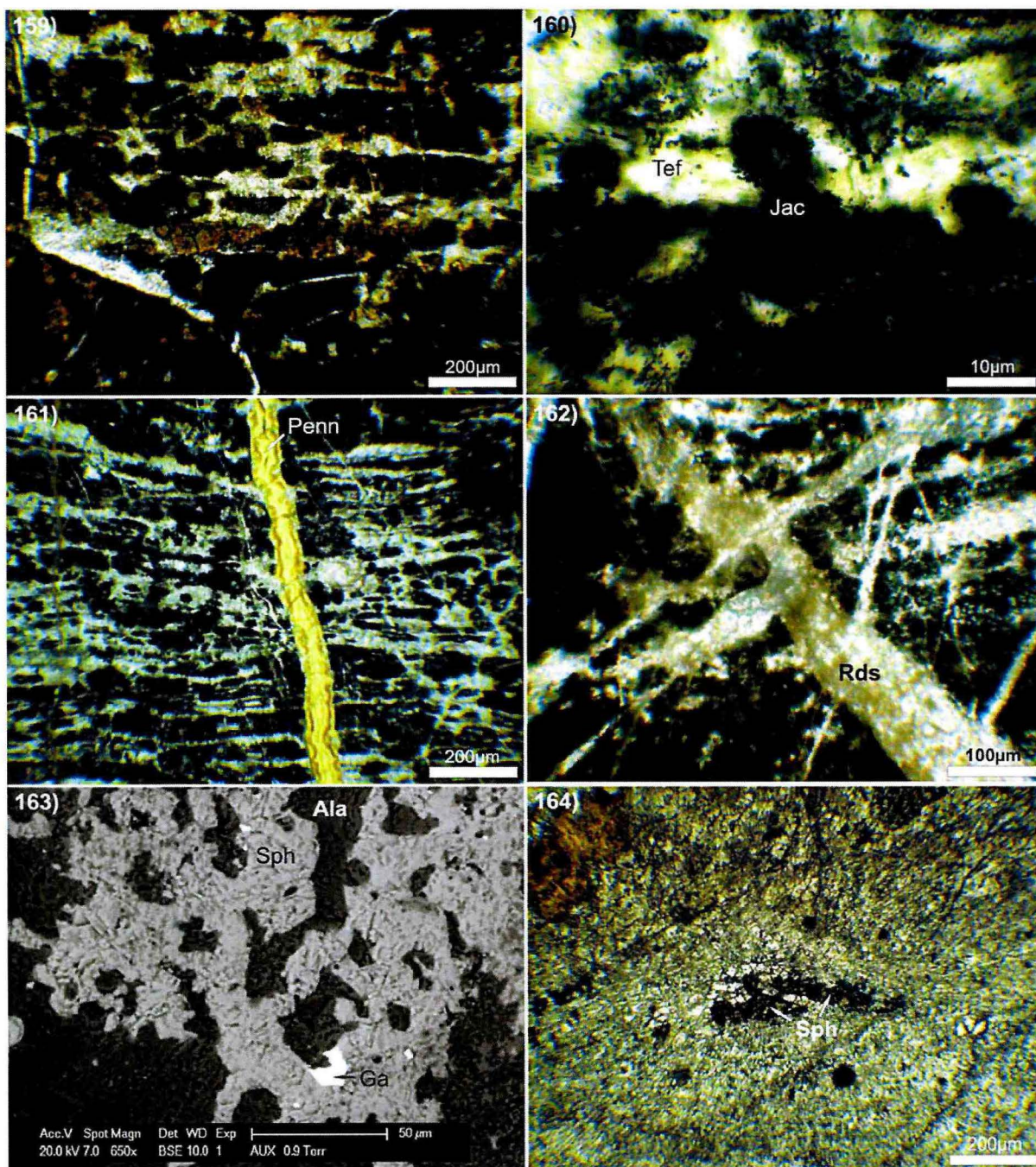
La asociación de minerales de Mn comprende rodocrosita, tefroíta, cantidades subordinadas de jacobsonita, otros óxidos de Mn aún en estudio y pennantita. Acompañan: sílice microcristalina, cantidades menores de hematita, magnetita, esfalerita, galena, alabandino (?), pirita y baritina (Zappettini *et al.* 2011).

La rodocrosita se presenta como agregados policristalinos en bandas de 20 µm a 1 milímetro de espesor, interestratificada con bandas ricas en tefroíta-jacobsonita (fotomicrografías 159 y 161). Los cristales de tefroíta raramente exceden los 100 µm, en tanto la jacobsonita se presenta diseminada, como agregados policristalinos y en forma de esferulitas (fotomicrografía 160).

Son comunes las venillas tardías de pennantita (fotomicrografía 161) y de rodocrosita (fotomicrografía 162).

Entre los minerales minoritarios, se destaca la esfalerita concentrada en niveles como agregados de grano muy fino y alargados (que excepcionalmente alcanzan los 400 µm) diseminados en la rodocrosita. Parte está asociada a probable alabandino (?) y galena (fotomicrografía 163). Es transparente y presenta color castaño verdoso claro, indicativo de su bajo contenido en hierro (fotomicrografía 164).

Zappettini *et al.* (2011) consideran que el modelo de depósito más próximo al que se puede asignar la mineralización de La Casualidad es el del tipo Franciscano. A la vez, aclaran que el ambiente geotectónico asignado a la secuencia que contiene al depósito es de tipo extensional, pero sin desarrollo de corteza oceánica, y que la asociación mineralógica descrita es minoritaria para ese modelo de mineralización.



Fotomicrografía 159: La Casualidad. Cristales de tefroíta asociados a rodrocrosita y sílice microcristalina. Hay disseminación de óxidos de Mn micrométricos. Luz transmitida, con analizador.

Fotomicrografía 160: La Casualidad. Cristales micrométricos a submicroscópicos de jacobscita (Jac) formando esferulitas, glomérulos y agregados policristalinos, disseminados en tefroíta (Tef) y sílice microcristalina. Luz transmitida, con analizador.

Fotomicrografía 161: La Casualidad. Textura microbandeada compuesta por rodrocrosita y tefroíta interestratificadas. En esta última se concentra jacobscita. Se observa una venilla de pennantita (Penn). Luz transmitida, con analizador.

Fotomicrografía 162: La Casualidad. Venillas tardías de rodrocrosita (Rds) que cortan el microbandeamiento primario. Luz transmitida, con analizador.

Fotomicrografía 163: La Casualidad, imagen microscopio electrónico de barrido. Intercrecimiento de esfalerita (Sph) y posible alabandino (Ala). En la parte inferior, en el contacto entre ambos minerales se observa un cristal de galena (Ga).

Fotomicrografía 164: La Casualidad. Cristales de esfalerita (Sph) en una masa policristalina de rodrocrosita. Luz transmitida, sin analizador.

Las fotomicrografías son gentileza de Eduardo Zappettini.

3) SULFUROS MASIVOS VOLCANOGÉNICOS (VMS)

Modo de yacencia

Menas de sulfuros predominantemente estratiformes, que se forman sobre o en cercanías de ventanas hidrotermales exhalativas de fondo submarino y que presentan estructura masiva con frecuentes *stockworks* en la zona de los conductos. Se encuentran en una diversidad de ambientes tectono-magmáticos, asociados a complejos ofiolíticos (mineralización tipo Chipre), o a secuencias magmáticas bimodales de arco magmático (mineralización tipo Kuroko).

Mineralogía

- Mayoritarios: pirita, esfalerita, calcopirita, galena, pirrotina
- Minoritarios: bornita, tetraedrita, *electrum*, arsenopirita, marcasita, cubanita, bismuto, sulfosales de Cu-Bi-Ag, baritina

Asociación de minerales metalíferos y texturas

En la zona superior, los depósitos de sulfuros masivos están constituidos por una paragénesis de pirita, esfalerita, calcopirita, pirrotina y galena. Hacia la zona basal de *stockwork* y disecciones, predomina la asociación pirita, calcopirita y pirrotina.

Las menas masivas desarrollan: textura granosa desde euhedral (pirita) hasta anhedral (calcopirita), con algunos individuos zonales (esfalerita), frecuente bandeamiento coloforme y agregados framboideales de pirita y calcopirita con textura *disease*.

Ejemplos

Santa Elena, provincia de San Juan (sulfuro masivo tipo Chipre)

Se ubica en el departamento de Calingasta, en la margen derecha de la quebrada de Alcaparrosa. Las principales estructuras mineralizadas encajan en basaltos de fondo oceánico. La asociación paragenética se constituye de abundante pirita, marcasita, esfalerita y, minoritariamente, calcopirita, pirrotina, arsenopirita, galena, tetraedrita argentífera, bournonita y oro; con cuarzo y calcita como ganga. Estas especies ce-

mentan a los clastos de una brecha basáltica. En general todos los minerales opacos se presentan como agregados granulares, en menor proporción diseminados y en pequeñas venillas de cuarzo (fotomicrografías 165 y 166). La pirita, portadora de As, se encuentra diseminada junto con la marcasita y la calcopirita. Esta última está en parte alterada a calcosina y a covellina. La esfalerita se presenta en dos generaciones, está atravesada por guías de arsenopirita y galena, y contiene calcopirita. La arsenopirita forma agregados anhedrales parcialmente fracturados. Los minerales portadores de plata (galena y tetraedrita argentífera) y la bournonita se presentan en venillas que cortan a pirita y esfalerita (Brodtkorb y Logan 2005).

La zona de oxidación, de marcado desarrollo, está constituida por hematita, jarosita, goethita y escorodita.

Arroyo Rojo y Beatriz, Tierra del Fuego (sulfuro masivo tipo Kuroko)

Se encuentran en las Sierras de Sorondo y Alvear, en Cordillera Fueguina. Estos depósitos, muy afectados por la deformación andina, se alojan en secuencias metavolcánico-sedimentarias del jurásico superior-cretácico inferior, generalmente próximas a cuerpos riolíticos y dacíticos, tobas, ignimbritas y flujos félsicos (Ametrano *et al.* 2000a, Acevedo *et al.* 2005).

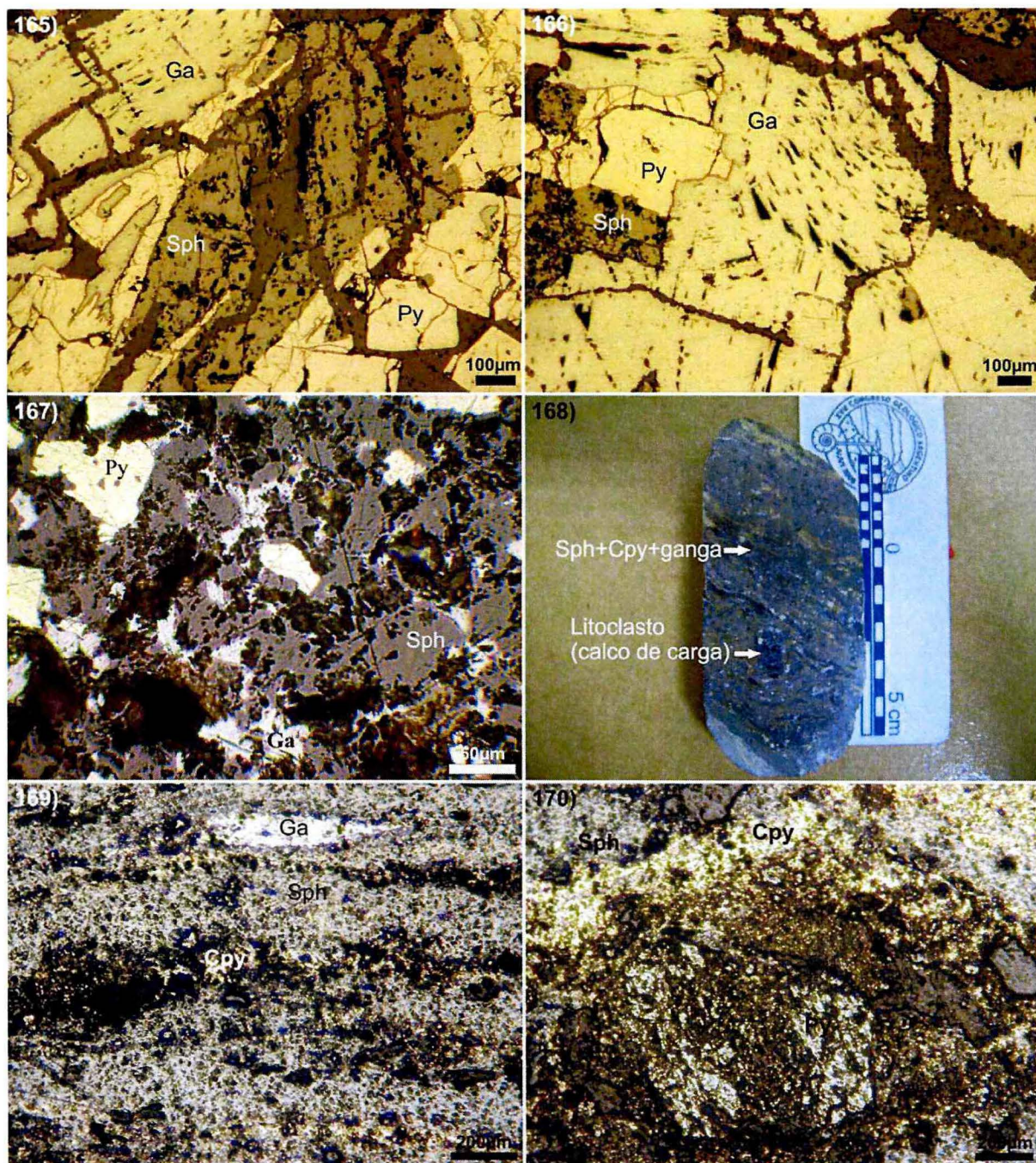
La mineralización en Arroyo Rojo consiste en una lente de sulfuros masivos que varía de 1,5 a 4 m de espesor y puede seguirse por 250 metros. Se diferencian dos zonas: en la base, una zona rica en pirita que gradúa hacia el techo a una zona masiva y a una laminada (Biel *et al.* 2010). Los minerales mayoritarios son esfalerita, pirita con menor proporción de galena, calcopirita y pirrotina (fotomicrografía 167); los minoritarios consisten en bournonita y boulangerita intercrecidas con tetraedrita, calcopirita y galena, y muy escasa bismutinita. Los minerales de ganga son carbonato y escasa sílice (Ametrano *et al.* 2000b, Biel *et al.* 2010).

Biel *et al.* (2010) observan algunas texturas primarias como pirita framboidal y algunos granos euhedrales con zonas de crecimiento, como así también la laminación centimétrica de pirita con esfalerita-(galena) hacia el techo del cuerpo de mena. Sin embargo, estos autores señalan que dominan las texturas por deformación (porfiroblastos de pirita fracturados, alineados y que rellenan fases dúctiles por inyección plástica; textura cataclástica, sombras de presión, etc) y por

recristalización (texturas granoblásticas con puntos triples, etc)

En mina Beatriz, se encuentran pequeñas lentes polimetálicas de sulfuros masivos a semi-masivos (50-80 % del cuerpo) con ganga silíceo y carbonática. También se observan sulfuros en venillas y diseminados. La mineralización principal consiste en una lente de sulfuros de 3 m de elongación máxima, 1,2 m de longitud menor y 0,6 m de espesor máximo. La mena de sulfuros de grano fino presenta una conspicua estructura bandeada concordante con la esquistosidad de la roca de caja. Este bandeamiento suele encontrarse disturbado por microplegamientos disarmónicos o por presencia de calcos de carga (fotografía 168). Las bandas tiene

espesores variables entre los 0,1 y 0,5 cm y se definen según si predomine la cantidad de calcopirita sobre la esfalerita o viceversa (fotomicrografía 169). Los otros minerales metalíferos más abundantes son galena, pirrotina y pirita; los dos primeros llegan a conformar delgadas bandas monominerálicas dispuestas paralelamente al resto del bandeamiento (fotomicrografía 169) mientras que la pirita se presenta en porfiroblastos entre 150 micrómetros y 2 mm (fotomicrografía 170). En menor cantidad, hay linneíta incluida en calcopirita, marcasita como alteración de pirrotina, arsenopirita, magnetita, tetraedrita y oro (Zubia *et al.* 1989). Ametrano y Paar (1996) también reportan la presencia de cobaltina.



Fotomicrografías 165 y 166: Santa Elena. Galena (Ga) con evidencia de deformación ductil, esfalerita (Sph) y pirita (Py) euhedral. Sin analizador.

Fotomicrografía 167: Arroyo Rojo. Textura masiva conformada por esfalerita (Sph), pirita (Py) y galena (Ga). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotografía 168: Beatriz. Muestra de mano con mineralización de sulfuros con textura bandeada disturbada por microplegamientos y calcos de carga.

Fotomicrografía 169: Beatriz. Detalle de textura bandeada conformada por alternancia de bandas de esfalerita (Sph), calcopirita (Cpy) y ganga silícea, con intercalación de lentes de galena (Ga). Sin analizador.

Fotomicrografía 170: Beatriz. Porfiroblasto de pirita (Py) en mena bandeada de esfalerita (Sph) y calcopirita (Cpy). Sin analizador.

Las muestras de Santa Elena pertenecen a la Colección del Repositorio de Pulidos Calcográficos del SEGEMAR. Las muestras de Beatriz y Arroyo Rojo son gentileza de Mario Zubia.

4) SEDEX Pb-Ag-Zn-Cu

Modo de vacancia

Son lentes de sulfuros estratificados concordantes o semiconcordantes, alojados en secuencias sedimentarias, generalmente metamorfizadas. Las rocas ígneas están ausentes o pobremente representadas en la columna estratigráfica del área. Los depósitos son tabulares a lenticulares con espesores variables. Se asocian a cuencas extensionales.

Mineralogía

- Mayoritarios: pirita, pirrotina, calcopirita, galena, esfalerita
- Minoritarios: tetraedrita, cubanita, marcasita, arsenopirita, magnetita, ilmenita, mackinawita, calcosina, bornita, digenita, bismuto nativo, bismutinita, covellina, acantita, molibdenita

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La paragénesis común es abundantes esfalerita-galena con calcopirita junto con pirita. Son usuales las texturas en agregados granulares y la mirmequítica que puede ocurrir entre sulfuros de hierro y cobre. Se observan, también, texturas de exsolución entre bornita y calcopirita o intercrecimientos entre bornita y calcosina.

Los efectos metamórficos en los minerales de mena originan una serie de texturas características: desarrollo de esquistosidad, presencia de deformación plástica en algunos minerales (ej. galena) y deformaciones frágiles en pirita y calcopirita. Por otro lado, también se observan agregados policristalinos de pirita, calcopirita, pirrotina y esfalerita. Además, es característico el incremento del tamaño de grano con desarrollo de uniones triples en masas monominerales. La pirita tiende a recrystalizar como granos cúbicos mientras que la calcopirita, la pirrotina y la esfalerita desarrollan formas anhedrales. Con un moderado-alto grado metamórfico, la pirita puede perder azufre y convertirse en pirrotina.

Los efectos de deformación se evidencian en curvatura de las líneas de clivaje (ej. galena),

kinkbanding (ej. pirrotina), extinción ondulosa y deformación de inclusiones orientadas (ej. "gotas" de calcopirita).

Ejemplos

Aguilar, provincia de Jujuy

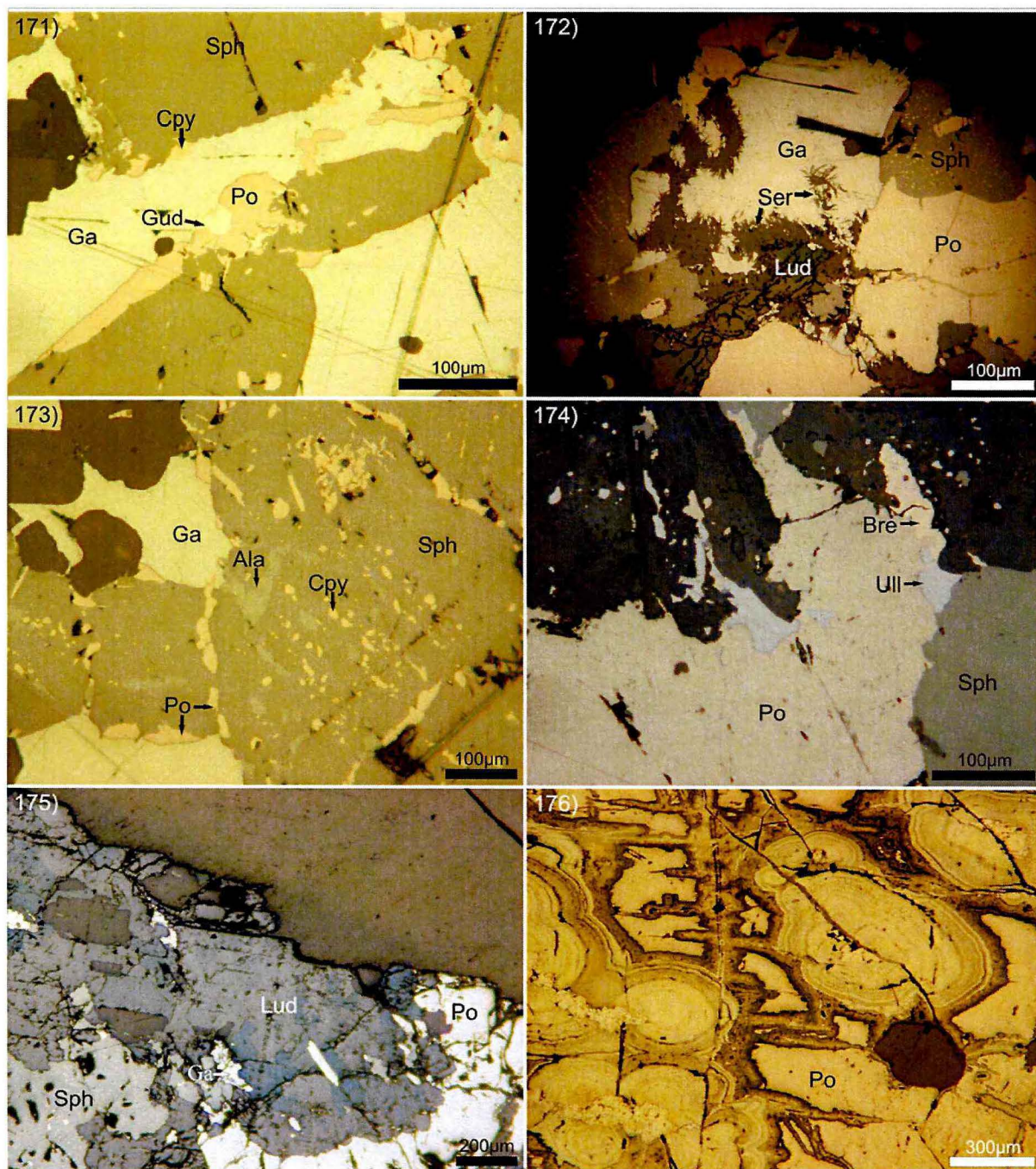
Se ubica en el faldeo oriental de la Sierra de Aguilar. Consiste en un yacimiento exhalativo de Pb-Zn, sinsedimentario con depósitos marinos ordovícicos y modificado por metamorfismo de contacto durante la intrusión del granito cretácico inferior (Brodtkorb *et al.* 1978, Martín 1989, Gemmell *et al.* 1992, Martín *et al.* 1994, Sureda 1999, Marquina 2008).

La mineralización, formada esencialmente por galena, esfalerita, pirita, pirrotina y calcopirita, se presenta en una variedad de estructuras: brechas, bandeada interestratificada con estructura masiva, diseminada, masiva, de cementación, en *stockwork*, y de reemplazo (Brodtkorb *et al.* 1978, Sureda 1999).

Al microscopio, se destacan las texturas metamórficas observadas en esfalerita, galena, pirrotina y calcopirita. Algunos cristales de galena, pirita y arsenopirita recrystalizan conjuntamente con silicatos. Las muestras con mayor grado metamórfico presentan granos de pirrotina en forma de "media luna" en el contacto entre esfalerita y galena (fotomicrografía 171), o entre esfalerita y mineral de ganga. La calcopirita forma ramas o "rosarios de gotas" intergranulares. La galena rellena espacios y microfisuras, y es común observar "barbas" de sericita dispuestas perimetralmente en los granos de galena (fotomicrografía 172) (Brodtkorb *et al.* 1978).

Existen una serie de minerales metalíferos depositados en cantidades menores que son: alabandino (fotomicrografía 173), tetraedrita, pirargirita, würtzita, bournonita, boulangerita, cubanita, jamesonita, semseyita, gudmundita (fotomicrografía 171), estannita, kesterita, mackinawita, breithauptita (fotomicrografía 174), ullmanita (fotomicrografía 174), "wolframita", oro nativo y plata nativa. Cabe mencionar la presencia de minerales producto de metamorfismo de contacto como los boratos de Mg y Fe, ludwigita-vonsenita (fotomicrografía 175).

La oxidación de la pirrotina a melnikovita-marcasita-pirita permitió el desarrollo de texturas tipo *bird eyes* (fotomicrografía 176).



Fotomicrografía 171: Aguilar. Pequeñas "medias lunas" de pirrotina (Po) y calcopirita (Cpy) en el contacto galena (Ga)-esfalerita (Sph). Escasa gudmundita (Gud) reemplazando a la pirrotina. Sin analizador.

Fotomicrografía 172: Aguilar. Barbas de sericita (Ser) perimetrales a galena (Ga). Sin analizador.

Fotomicrografía 173: Aguilar. Exsolución en esfalerita (Sph) de pirrotina (Po), calcopirita (Cpy) y alabandino (Ala). Sin analizador.

Fotomicrografía 174: Aguilar. Intercrecimiento entre pirrotina (Po), ullmanita (Ull) y breithauptita (Bre). Sin analizador.

Fotomicrografía 175: Aguilar. Ludwigita-vonsenita (Lud) asociada a pirrotina (Po), esfalerita (Sph) y escasa galena (Ga). Sin analizador.

Fotomicrografía 176: Aguilar. Texturas de oxidación en pirrotina (Po), *bird eyes* con melnikovita-marcasita-pirita. Sin analizador.

Las muestras son gentileza de Ricardo Sureda.

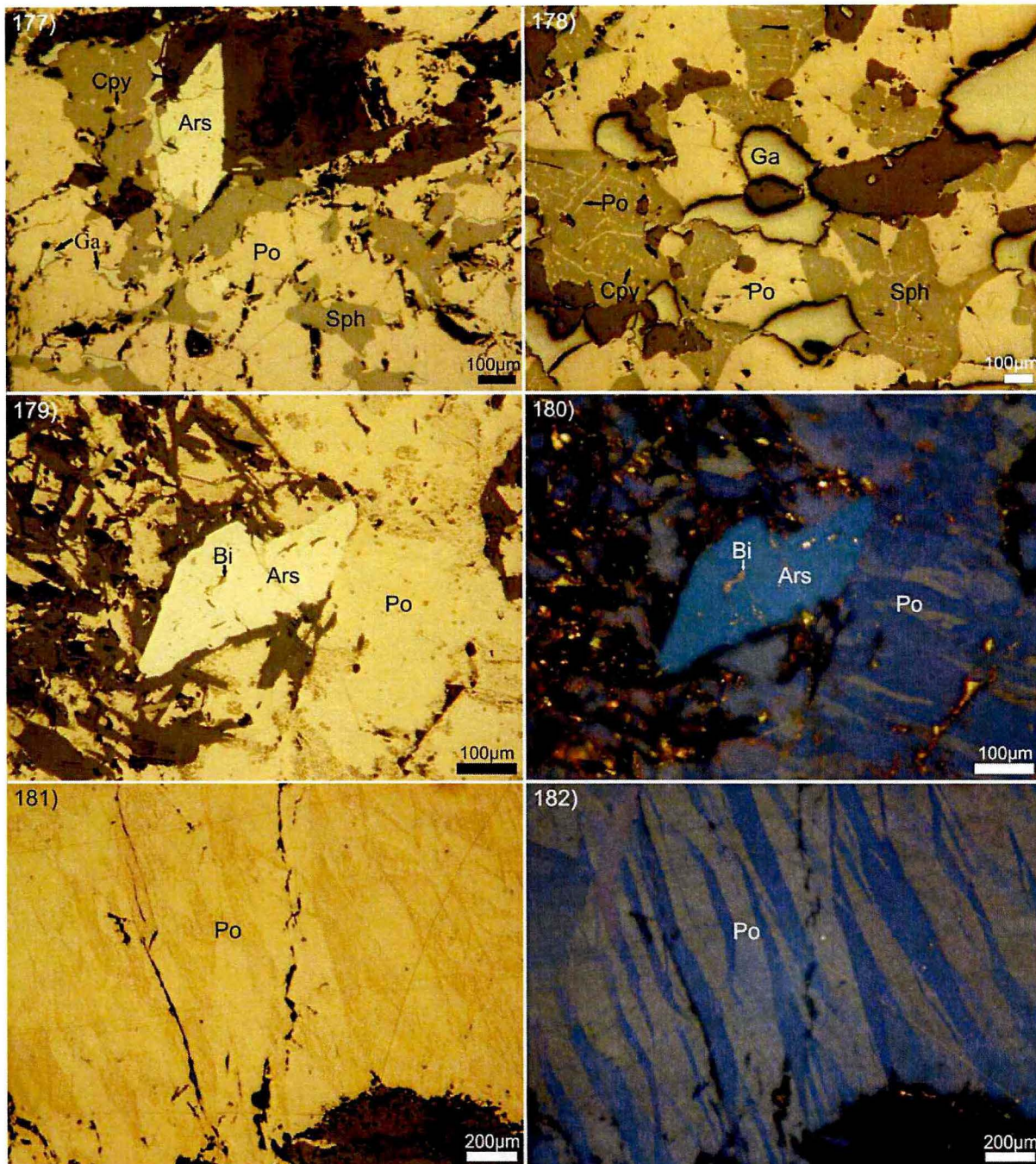
La Colorada, provincia de Salta

Se ubica 68 km al norte de la localidad de San Antonio de los Cobres. La mineralización se aloja en una secuencia metasedimentaria ordovícica y constituye un cuerpo tabular que comprende horizontes masivos o semi-masivos de sulfuros entre los cuales hay niveles con mineralización en *stockwork* (González Amorín 1953, Cayo 1954, Lurgo y Zappettini 1990, Zappettini *et al.* 1991, Lurgo Mayón *et al.* 1999, Castillo *et al.* 2009).

Los minerales primarios mayoritarios son pirrotina, esfalerita, arsenopirita, calcopirita y galena (fotomicrografías 177 y 178). Los minoritarios son magnetita y löllingita. Como minerales accesorios y trazas se observa bismuto nativo que rellena

fisuras (fotomicrografías 179 y 180), inclusiones de casiterita y *electrum*, y tetraedrita como mineral intercrecido. Como mineral supergergénico, se ha identificado covellina (Zappettini y Segal 1998).

La pirrotina desarrolla agregados granulares irregulares con texturas que evidencian deformación como *kinkbanding* (fotomicrografías 181 y 182) y lamelas de presión con extinción ondulatoria. Puede llegar a tener inclusiones de calcopirita, esfalerita, galena, arsenopirita y löllingita. La esfalerita predomina como agregados subhedrales y contiene exsoluciones de calcopirita y pirrotina (fotomicrografía 178). La arsenopirita aparece diseminada, en agregados subhedrales o con textura cataclástica (Zappettini y Segal 1998).



Fotomicrografía 177: Mina La Colorada. Asociación paragenética y texturas típicas para este depósito. Pirrotina (Po), esfalerita (Sph) con escasas inclusiones de calcopirita (Cpy), arsenopirita (Ars) y galena (Ga) en pequeños granos intersticiales. Sin analizador.

Fotomicrografía 178: Mina La Colorada. Esfalerita (Sph) con exsoluciones de pirrotina (Po), las cuales conforman pequeños rosarios, y de calcopirita (Cpy) en "gotas" orientadas y otras no alineadas. Acompañan abundante pirrotina (Po) y galena (Ga). Sin analizador.

Fotomicrografías 179 y 180: Mina La Colorada, perforación 2, profundidad 31 metros. Arsenopirita (Ars) con inclusiones de bismuto nativo (Bi). Sin y con analizador, respectivamente.

Fotomicrografías 181 y 182: Mina La Colorada, perforación 2, profundidad 46,9 metros. Pirrotina (Po) con desarrollo de *kinkbanding*. Sin y con analizador, respectivamente.

Muestras del proyecto "El depósito polimetálico La Colorada" (1998, SEGEMAR).

G) DEPÓSITOS ASOCIADOS A ROCAS SEDIMENTARIAS

1) Cu y U-Cu-V EN ARENISCAS

Modo de yacencia

Consisten en minerales de cobre y/o uranio diseminados en areniscas continentales, que fueron depositados durante la diagénesis en condiciones reductoras.

Mineralogía

- Mayoritarios: calcosina, bornita, calcopirita, pirita, "pechblenda", oxidados de U (autunita, uranofano, carnotita, etc.) y de Cu (malaquita, azurita)
- Minoritarios: coffinita, cobre nativo, galena, esfalerita, gersdorffita, molibdenita

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La mineralización aparece en forma de lentes o capas concordantes con las sedimentitas encajantes. Los minerales de mena se presentan como venillas, relleno de poros y reemplazo de materia orgánica. Es común observar minerales de uranio y sulfuros de cobre y hierro que reemplazan estructura celular en madera.

La pirita aparece en las partes reducidas de las menas, con textura framboidal o coliforme, y es reemplazada por hematita secundaria y óxidos de hierro hidratados en zonas oxidadas.

Los minerales de cobre reemplazan a la pirita y rodean grumos o fragmentos carbonosos.

La "pechblenda" es el mineral de uranio hipogénico más abundante, y se presenta en agregados botrioidales a reniformes, con bandeado concéntrico; también aparece en esferulitas diseminadas y en forma de "rosarios".

Los depósitos de areniscas cupríferas pueden presentar zonación con centros de calcosina±bornita, bordes de calcopirita y galena±esfalerita periféricas.

Es característico el desarrollo de una zona de oxidación con abundantes malaquita, azurita, autunita, torbernita, uranofano y otros minerales de uranio oxidados.

Ejemplos

Cerro Huemul, provincia de Mendoza

Se ubica 40 km al sur de la localidad de Malargüe. La mineralización es de tipo peneconcordante o estratoligada, alojada en areniscas rojas cretácicas cementadas por carbonatos y materiales asfálticos (Linares 1956 y 1966, Brodtkorb 1966, Rojas 1999).

El mineral de uranio primario más abundante es la "pechblenda" en esferulitas de 1 a 30 µm de diámetro englobadas dentro de bitumen (Brodtkorb 1966, Haggan *et al.* 2002). El resto de los minerales primarios, en orden decreciente de abundancia, son calcopirita, pirita (fotomicrografía 183), marcasita, esfalerita, galena y escasas bornita e idaita (Brodtkorb 1966). En general, estos sulfuros se encuentran íntimamente asociados a bitumen ya sea como inclusiones diseminadas, como reemplazo o en los bordes de los poros rellenos con la materia orgánica (fotomicrografía 184). El tamaño de grano de los sulfuros varía entre los 10 µm hasta 2 mm (Haggan *et al.* 2002).

Los minerales de enriquecimiento supergénico son calcosina, digenita y covellina, que suelen reemplazar a bornita, idaita y calcopirita. Los minerales de oxidación son más de veinte y consisten en carbonatos, sulfatos, vanadatos, fosfatos y silicatos, en su mayoría de uranio y de cobre (Brodtkorb 1966).

Los minerales de ganga son cuarzo, calcita, caolinita, baritina y clorita, que fueron identificados como cementos de las sedimentitas que conforman la roca de caja. El material bituminoso es abundante y pueden distinguirse cuatro variedades (Brodtkorb 1966, Haggan *et al.* 2002).

En la figura 14 del anexo 2, se observa la secuencia paragenética propuesta por Haggan *et al.* (2002) para el yacimiento Huemul.

Juramento, provincia de Salta

Se encuentra 60 km al sudeste de la ciudad de Salta. La mineralización estratoligada se encuentra en areniscas calcáreas y calizas oolíticas de edad cretácica. Es frecuente observar, en las calizas oolíticas, el reemplazo del cemento por

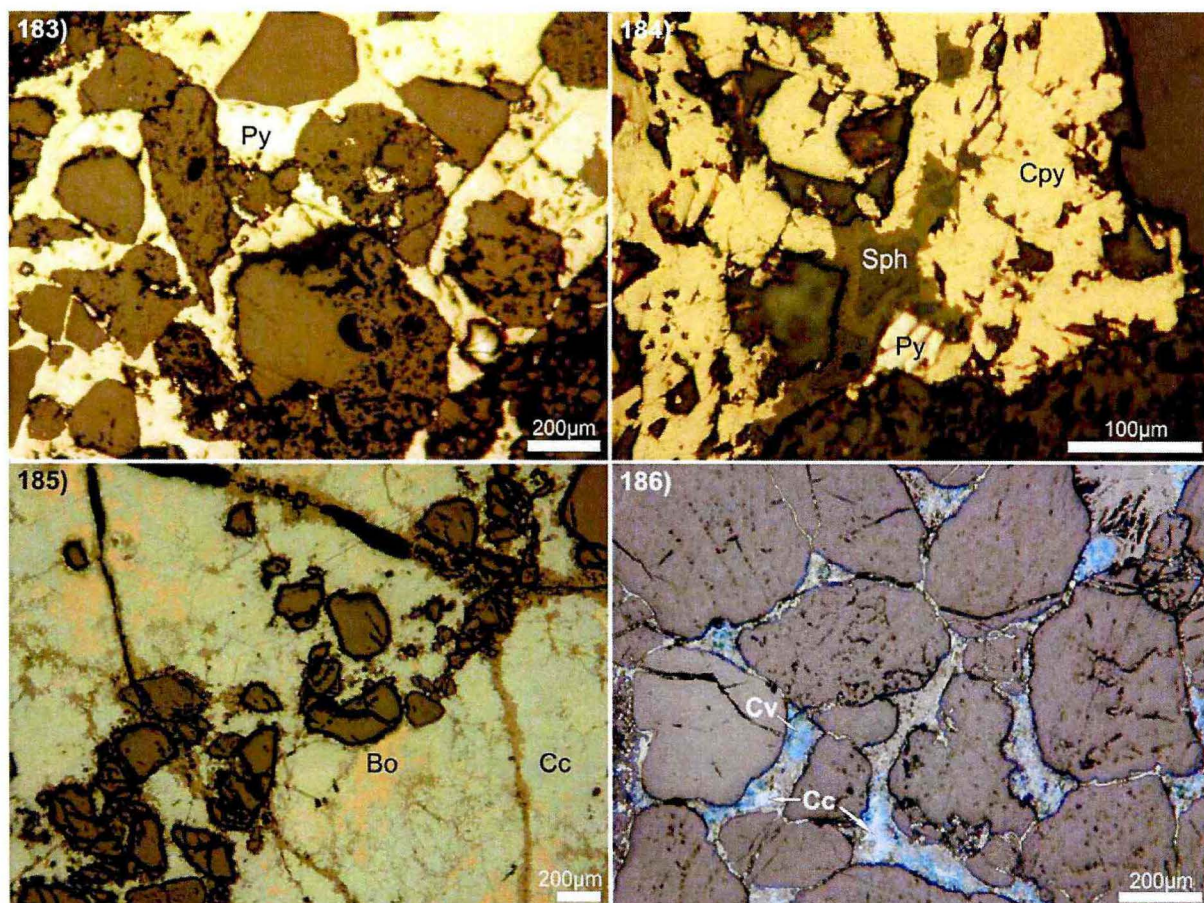
calcosina (fotomicrografía 185). El resto de los minerales hipogénicos consisten en pirita (puede ser framboidal), esfalerita, galena, calcopirita, bornita, *fahlore* y oro. Los minerales secundarios son digenita, covellina y oxidados de cobre (Espisua y Amengual 1983, Wormald 1998 y 1999, Peral y Wormald 1999).

Martín Bronce, provincia de Jujuy

Se localiza en el extremo norte del flanco oriental de la Sierra de Santa Bárbara, a 150 km de San Salvador de Jujuy. La mineralización se emplaza en un conglomerado basal cretácico, consti-

tuido por clastos de cuarcita y arenisca (Ávila *et al.* 1984, Rodríguez 1981, Ávila 1999). El mineral principal es malaquita, la cual cementa los clastos de las areniscas y conglomerados, y también rellena fisuras de los clastos. Se presenta de grano muy fino o en cristales aciculares radiales. Brochantita, azurita y calcosina se encuentran en menor proporción (Ávila 1999).

Los sulfuros identificados fueron covellina, calcosina (fotomicrografía 186), pirita y calcopirita. Se observan como individuos aislados parcialmente alterados a minerales oxidados de cobre y hierro (Ávila *et al.* 1984).



Fotomicrografía 183: Cerro Huemul. Pirita (Py) que cementa arenisca. Sin analizador.

Fotomicrografía 184: Cerro Huemul. Asociación de calcopirita (Cpy), pirita (Py) y esfalerita (Sph). Esta última se encuentra rodeada por materia orgánica. Sin analizador.

Fotomicrografía 185: Juramento. Calcosina (Cc) intercrecida con bornita (Bo). Sin analizador.

Fotomicrografía 186: Martín Bronce. Asociación de calcosina (Cc) y covellina (Cv) como cemento de la arenisca. Sin analizador.

Las muestras de Cerro Huemul son gentileza de Milka Brodtkorb.

Las muestras de Juramento y Martín Bronce son gentileza de Ricardo Sureda.

2) DEPÓSITOS DE Zn-Pb EN CALIZAS

Modo de yacencia

Consisten en lentes estratoligadas y venas discordantes, localmente brechadas, en calizas de plataforma. Puede haber brechas de colapso relacionadas a *karst* o a ambientes paleoacuíferos.

Mineralogía

- Mayoritarios: galena, esfalerita, pirita
- Minoritarios: marcasita, calcopirita, würtzita, greenockita, millerita, bravoita, bornita, enargita, siegenita, óxidos de Cu y Fe, carbonatos y sulfatos de Fe, Pb y Zn
- Minerales transparentes: carbonatos, fluorita, baritina, cuarzo, yeso

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La asociación paragenética se constituye esencialmente por galena, con bajo contenido de Ag, y esfalerita que suele portar Cd y Ge. Los mencionados sulfuros pueden aparecer en agregados policristalinos dentro de la roca de caja, como vetas o como rellenos de brechas, masivos o crustificados. También son comunes las texturas colo-

formes y la alternancia de bandas de esfalerita muy fina y würtzita (*schalenblenda*).

Ejemplo

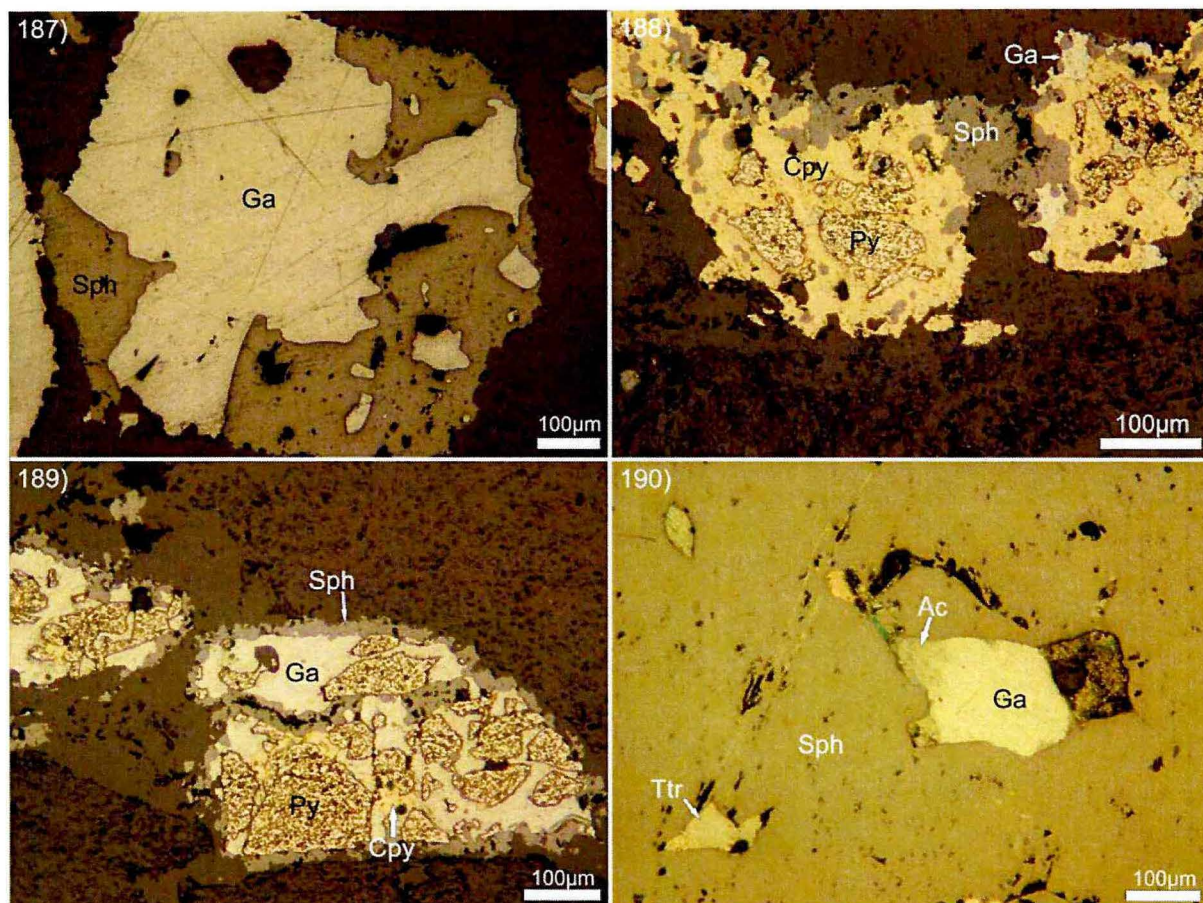
La Helvecia, provincia de La Rioja

Se ubica 30 km al oeste de Guandacol. Es un depósito mantiforme estratoligado de Pb, Zn y Ba, alojado en rocas sedimentarias paleozoicas que consisten en calizas, conglomerados y areniscas. La asociación paragenética se compone de abundantes esfalerita, galena (fotomicrografía 187) y baritina, con cantidades menores de pirita, calcopirita (fotomicrografías 188 y 189), tetraedrita (fotomicrografía 190) y cuarzo (Brodtkorb 1979, Brodtkorb y Brodtkorb 1999).

La esfalerita se presenta en agregados masivos o en finas bandas sinsedimentarias deformadas. Ocasionalmente, muestra textura coloforme con un eje esquelético de galena (Brodtkorb 1979).

La galena forma, en los conglomerados, lentes singenéticas con el sedimento, las cuales sufrieron deformaciones de calcos de carga. La galena asociada a baritina es de grano más grueso y se dispone como nódulos alrededor del sulfato de bario. La pirita se presentan en las calizas como piritosferas (Brodtkorb 1979).

Los minerales secundarios, denominados en forma general como "calamina", son hemimorfita, smithsonita, auricalcita e hidrozinca.



Fotomicrografía 187: La Helvecia. Esfalerita (Sph) que rodea a galena (Ga). Sin analizador.

Fotomicrografías 188 y 189: La Helvecia. Intercrecimiento entre pirita (Py), galena (Ga), esfalerita (Sph) y calcopirita (Cpy). Sin analizador.

Fotomicrografía 190: La Helvecia. Esfalerita (Sph) con inclusiones de tetraedrita (Ttr) y galena (Ga). Esta última reemplazada por acantita (Ac) en sus bordes. Sin analizador.

Las muestras son gentileza de Milka Brodtkorb.

3) FORMACIÓN FERRÍFERA (TIPO "CLINTON" O "MINETTE", "IRONSTONE")

Modo de yacencia

Son rocas sedimentarias, como calizas, lutitas, areniscas y limolitas, de estructura bandeada, originadas por precipitación química de óxidos de hierro y depositadas en márgenes cratónicos. Los depósitos constituyen cuerpos tabulares, entre 2 y 5 m de espesor y varios kilómetros de extensión lateral.

Mineralogía

- Mayoritarios: hematita, chamosita, "limonita", goethita, siderita
- Minoritarios: magnetita, pirita
- Minerales transparentes: colofano, greenalita

Asociación de minerales metalíferos y texturas

A escala macroscópica, las rocas portadoras de hierro aparecen como areniscas rojizas o como acumulaciones oolíticas.

Al microscopio, se observa una textura oolítica o pisolítica, total o parcialmente reemplazada por un intercrecimiento de "limonitas" o hematita. Las oolitas consisten en anillos concéntricos de siderita o en una mezcla de siderita, hematita y chamosita, que rodean y, en ocasiones, reemplazan fragmentos fósiles.

Los bancos arenosos contienen granos de chamosita en matriz de siderita. Esta última suele estar asociada a silicatos, óxidos y otros carbonatos.

En facies de arena, los minerales de hierro aparecen como bordes en los granos de cuarzo o intersticiales a estos últimos.

Ejemplos

Zapla, provincia de Jujuy

Se ubica 20 km en línea recta al este de San Salvador de Jujuy. La mena se constituye de hori-

zontes ferríferos de aspecto homogéneo y coloración rojo oscura a rojo parduzco, alojados en sedimentitas silúricas. La composición mineralógica consiste en hematita de grano fino como mineral predominante, especularita (fotomicrografía 191), magnetita (fotomicrografía 192), cuarzo sílice hidratada producto de alteración de la chamosita. Esta última se presenta en algunos casos como granos alargados que forman, por sectores, verdaderas areniscas chamosíticas, y en otros sectores muestra alternancia con hematita. También hay mica, láminas y lentes de siderita y pirita en escasa proporción (Angelelli 1984).

Las estructuras frecuentes son oolitas constituidas por chamosita, hematita, fanita y siderita. Los peloides consisten en granos de hematita de tamaño arena, generalmente asociados a granos de cuarzo y chamosita. La matrix está constituida por una mezcla de arcilla chamosítica, cuarzo limoso y pajuelas de micas (Boso y Monaldi 1999).

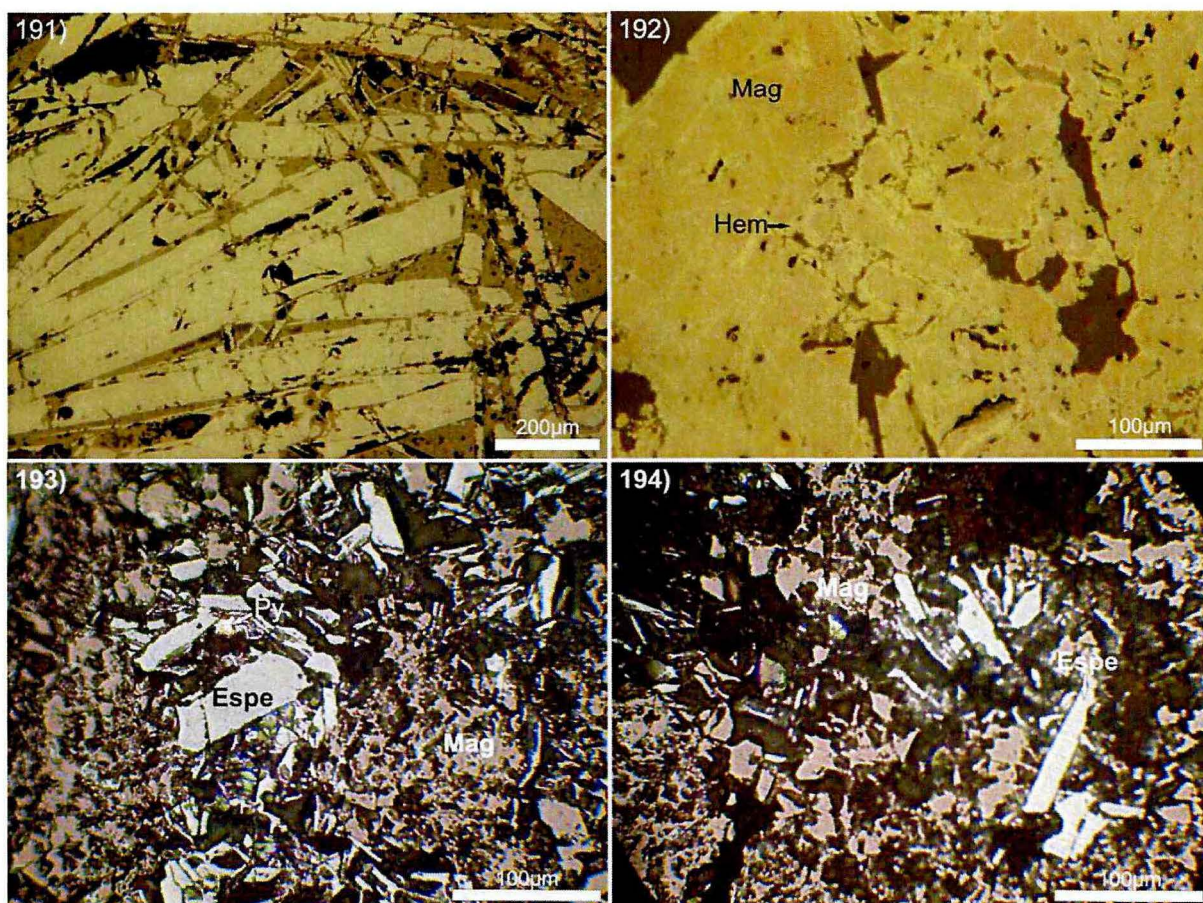
La goethita y "limonita" se observa como envoltura externa de nódulos y lentes de pirita y siderita.

La pirita se presenta diseminada en cristales diminutos y como núcleos de nódulos en limo-arcilitas (Boso y Monaldi 1999).

Sierra Grande, provincia de Río Negro

Se localiza en el departamento de San Antonio. El depósito se compone de dos bancos ferríferos denominados Rosales y Alfaro, alojados en sedimentitas silúricas. El primero está integrado por peloides de hematita de grano muy fino y magnetita que sustituye parcialmente a hematita y clorita. La "martita" reemplaza a magnetita. En el núcleo de los peloides, hay chamosita de grano muy fino en agregado fibroso. Las "limonitas" se hallan en granos escamosos muy finos que reemplazan a la hematita.

El horizonte Alfaro está constituido por peloides de clorita ferrífera en el núcleo y hematita en la periferia, ambos minerales alterados a "limonitas". En sectores, se observa magnetita martitizada y finas agujas de especularita (fotomicrografías 193 y 194). La matrix se compone esencialmente de clorita ferrífera limonitizada (Angelelli 1946, Herrera 1948, Valvano 1954, Cozzi 1977, Gelós 1977, Zanettini 1981 y 1999b, Zöllner 1951).



Fotomicrografía 191: Zapla. Cristales de especularita diseminados. Sin analizador.

Fotomicrografía 192: Zapla. Mosaico de magnetita (Mag) euhedral, con hematita (Hem) como reemplazo de bordes y microfisuras. Sin analizador.

Fotomicrografía 193: Sierra Grande. Especularita (Espe), magnetita (Mag) anhedral y escasa pirita (Py) diseminada. Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 194: Sierra Grande. Especularita (Espe) y magnetita (Mag) producto del metamorfismo térmico sobre la hematita. Sin analizador y en inmersión de aceite.

Las muestras de Zapla son gentileza de Ricardo Sureda.

Las muestras de Sierra Grande son gentileza de Martín Gozálvez.

H) DEPÓSITOS ASOCIADOS A VOLCANISMO SUBAÉREO

1) Cu TIPO MANTO

Modo de yacencia

Mineralización de cobre nativo y sulfuros de cobre en volcanitas máficas, intercaladas con sedimentitas, en cuencas extensionales de interarco o retroarco. Se considera a estos depósitos, junto a los tipo Laco, como manifestaciones superficiales de un modelo tipo IOCG.

Mineralogía

- Mayoritarios: cobre nativo, digenita, calcosina, bornita
- Minoritarios: calcopirita, piritita, malaquita, azurita, plata nativa, hematita, magnetita
- Minerales transparentes: calcita, prehnita, pumpellyita, epidoto, ceolitas

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La asociación paragenética consiste, esencialmente, en cobre nativo, calcosina y bornita, con cantidades subordinadas de calcopirita. Estos minerales se presentan en los topes de las coladas basálticas, ya sea como relleno de amígdalas, en venillas, diseminados o en cuerpos macizos. También pueden alojarse en las rocas sedimentarias asociadas, como relleno de la

porosidad y reemplazo de clastos y material cementante.

Son comunes los intercrecimientos entre bornita y calcosina, frecuentemente con texturas simplectíticas.

Ejemplo:

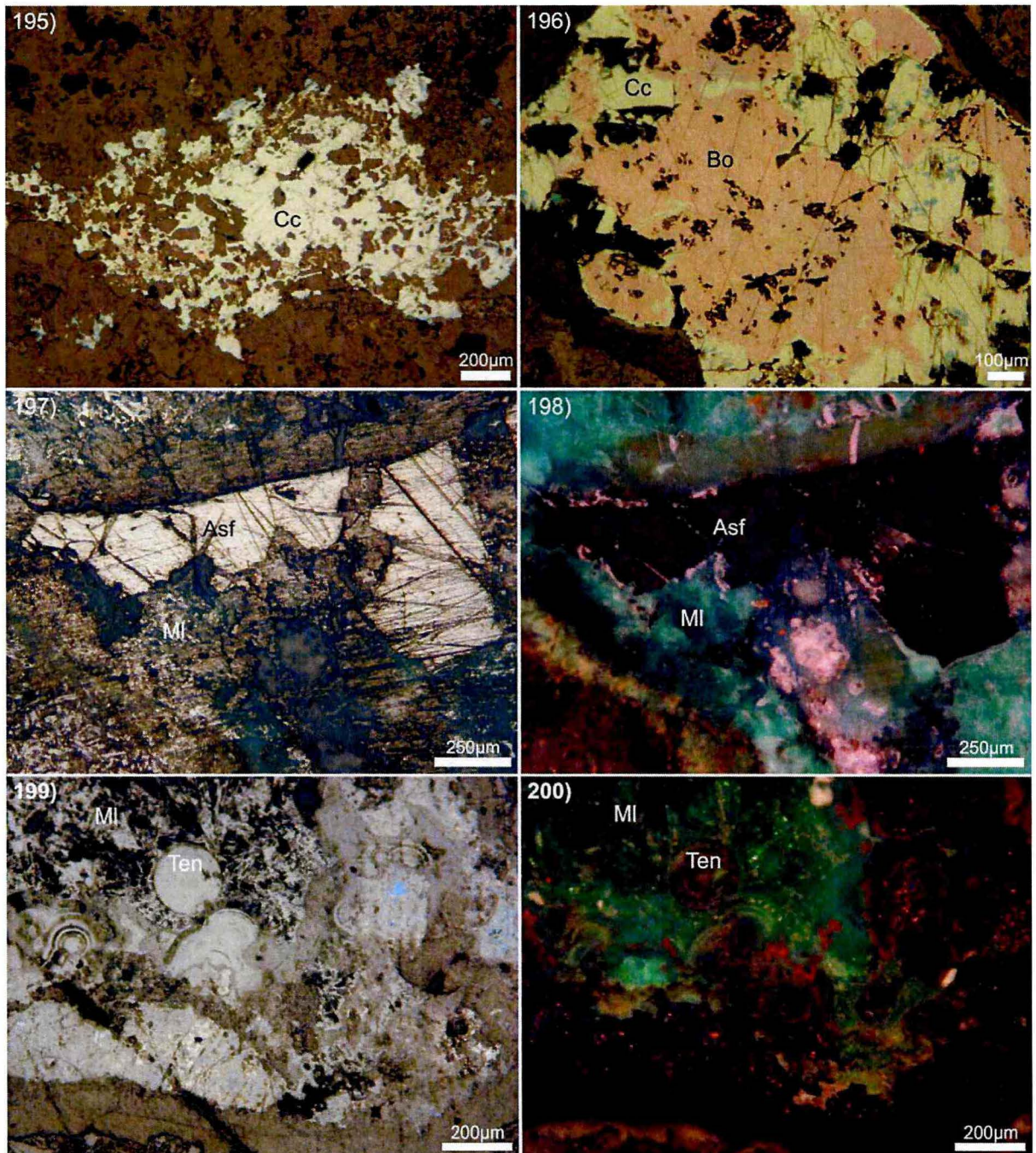
El Guanaco, provincia de Mendoza

Se ubica al noroeste del complejo turístico Las Leñas, 97 km al noroeste de la localidad de Malargüe.

La asociación paragenética se asocia a la alteración prehnítica de basaltos y andesitas jurásicas y consiste en calcosina, calcopirita, bornita y cobre nativo, con escasa arsenopirita y chispas de oro nativo. Los minerales se presentan en venillas de 2 a 4 cm de espesor, en pequeños bolsones y como relleno de vesículas de hasta 8-10 cm de diámetro, junto con impregnaciones de carbonatos de cobre en la roca volcánica (fotomicrografías 195) (Zanettini y Centeno 1999).

La calcopirita, la bornita y el cobre nativo se encuentran diseminados en datolita y como relictos en venas y venillas de calcosina (fotomicrografía 196) (Zanettini 1984). Además, se destaca la presencia de material bituminoso como relleno de cavidades dentro de la andesita (fotomicrografías 197 y 198).

Los minerales secundarios son digenita, covellina, cuprita, malaquita (fotomicrografías 199 y 200), azurita y turquesa (Zanettini 1984).



Fotomicrografía 195: El Guanaco. Calcosina (Cc) como relleno de amígdala. Sin analizador.

Fotomicrografía 196: El Guanaco. Bornita (Bo) reemplazada por calcosina (Cc). Sin analizador.

Fotomicrografías 197 y 198: El Guanaco. Asfaltita (Asf) rodeada por malaquita (Ml). Sin y con analizador, respectivamente.

Fotomicrografías 199 y 200: El Guanaco. Amígdala rellena por malaquita (Ml) y tenorita (Ten) con textura coloforme. Sin y con analizador, respectivamente.

Muestras del proyecto "Carta Minero-Metalogenética 3569-III, Malargüe" (2008-2011, SEGEMAR).

2) Fe TIPO LACO (TIPO KIRUNA)

Modo de yacencia

Son cuerpos macizos tabulares, vetas, relleno de brechas y extrusiones lávicas, en ambiente de arco y retroarco

Mineralogía

- Mayoritarios: magnetita, hematita
- Minoritarios: pirita, calcopirita, calcosina, covellina
- Minerales transparentes: apatita, actinolita, escapolita, calcita

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La magnetita aparece como reemplazo masivo, relleno de brechas y en vetas y *stockworks*. En algunos depósitos, predomina la hematita intercrecida en cristales euhedrales de apatita y actinolita acicular.

Varios depósitos presentan dos o más generaciones de magnetita: una temprana de grano grueso y en agregados euhedrales, y otra posterior de grano más pequeño. Es muy común que la magne-

tita se encuentre parcialmente alterada a hematita (martita) a partir de bordes y fracturas del cristal. Algunos depósitos del distrito Kiruna son ricos en hematita y presentan estratificación.

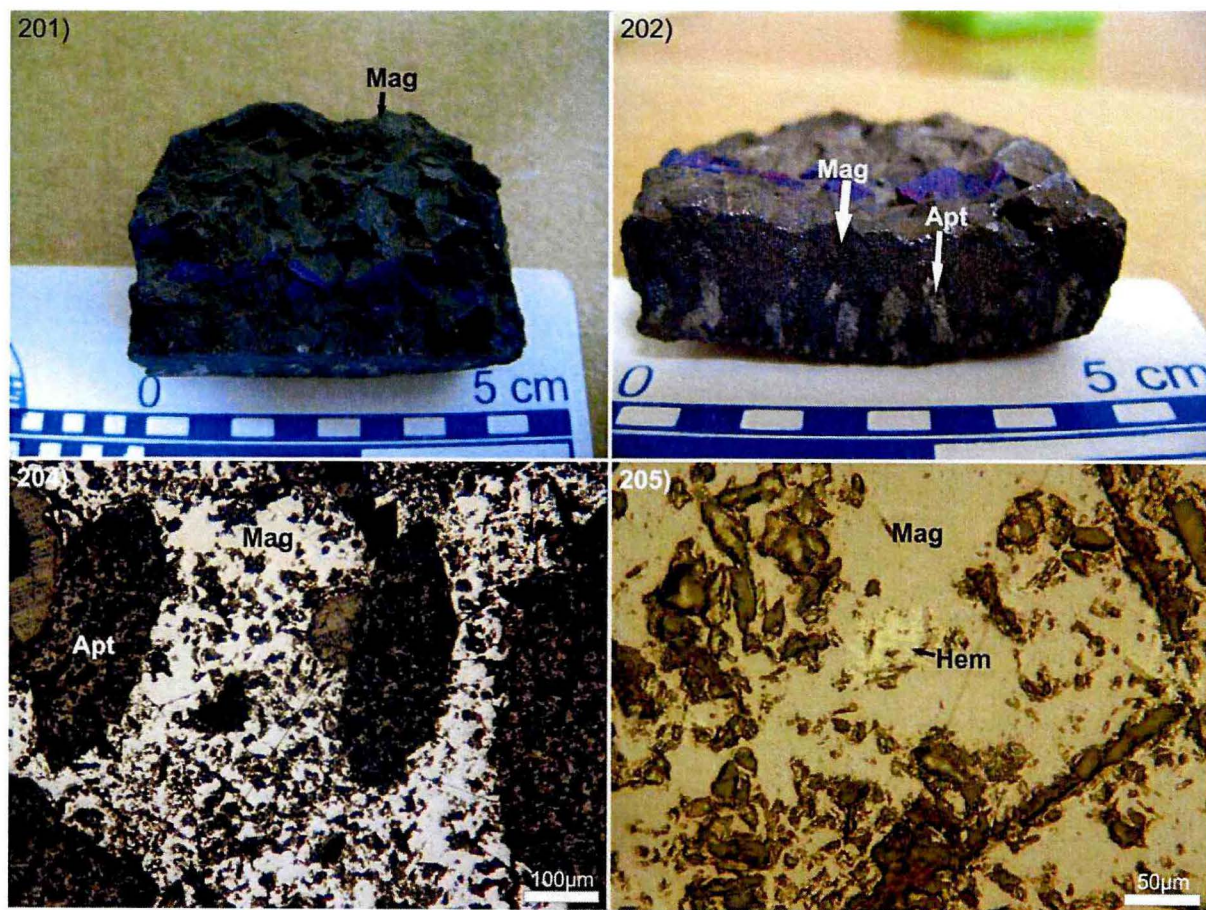
Los sulfuros de cobre, si están presentes, aparecen en granos intersticiales o en agregados.

Ejemplo

Huantraico, provincia de Neuquén

Se ubica en el pie oriental de la sierra homónima, en el departamento Pehuenches La mineralización constituye un dique y también se dispone en venillas, pequeños mantos y nódulos diseminados en el basalto que la aloja. El cuerpo principal está constituido por magnetita con textura masiva o en capas centimétricas (fotografías 201 y 202). La ganga principal es apatita que constituyen agregados de cristales prismáticos hexagonales (fotomicrografías 202 y 203). Hay asociadas escapolita, plagioclasa y, en menor proporción, calcita (Zappettini 1986, Rubinstein y Zappettini 1990, Zappettini 1999c).

Entre los basaltos y tobas, y cerca de la mineralización de magnetita, se localizó un manto de 20 cm de espesor de especularita. Como producto de alteración, se observan "limonitas" (fotomicrografía 204) (Zappettini 1999c).



Fotografía 201: Huantraico. Muestra de mano de magnetita (Mag) en agregado granular idiomorfo.

Fotografía 202: Huantraico. Muestra de mano donde se observan los cristales euhedrales de apatita (Apt) intercrecidos con la magnetita (Mag).

Fotomicrografía 203: Huantraico. Idem fotografía 202 pero en escala microscópica. Sin analizador.

Fotomicrografía 204: Huantraico. Pequeñas agujas de hematita (Hem) que reemplaza magnetita (Mag). Sin analizador.

Las muestras son gentileza de Eduardo Zappettini.

1) DEPÓSITOS DE AMBIENTES OROGÉNICAMENTE ACTIVOS

Bajo esta denominación se incluyen todos aquellos depósitos vinculados a fluidos que circulan en ambientes tectónicamente activos, ya sean compresivos o extensivos, no relacionados a una fuente magmática específica, en presencia o no de metamorfismo.

1) GRAFITO

Modo de yacencia

El grafito se presenta en lentes y bancos de hasta decenas de metros de potencia y varios miles de metros de longitud. Se asocia a mármoles, gneises y esquistos, en escamas finamente divididas.

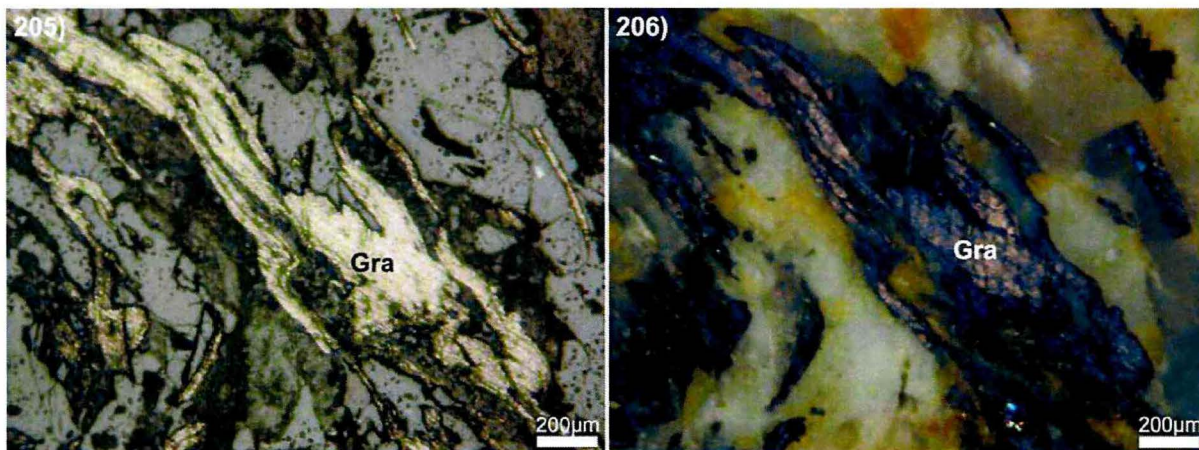
Mineralogía

Grafito

Ejemplo

Los Dos, provincia de La Rioja

La mina se encuentra al oeste de la localidad de Villa Unión. El depósito es lenticular con límites bien definidos y se aloja en cuarcitas. El banco grafitico posee un espesor máximo de 8 metros y una longitud de más de 250 metros. El grafito se presenta como individuos tabulares de hasta 3 mm de largo, paralelos a los planos de esquistosidad (fotomicrografías 205 y 206) (Lavandaio 1968, 1984 y 1999a).



Fotomicrografías 205 y 206: Los Dos. Laminillas de grafito (Gra) diseminadas en granos de cuarzo. Sin y con analizador, respectivamente.

La muestra es gentileza de Oscar Marcos.

2) Au MESOTERMAL

Modo de yacencia

Son vetas de cuarzo-oro que se alojan en charnelas de pliegues en secuencias turbidíticas de ambiente de antearco (tipo Bendigo) y en zonas de cizalla (corredores tectónicos) con las que se vinculan genéticamente.

Mineralogía

- Mayoritarios: oro nativo, pirita, arsenopirita
- Minoritarios: calcopirita, pirrotina, esfalerita, galena, antimonita, sulfosales de Sb y As, grafito

Asociación de minerales metalíferos y texturas

Los depósitos, en general, se componen de múltiples vetas de cuarzo, de pocos metros de ancho, concordantes o no con la roca de caja. Las vetas están parcialmente deformadas y pueden presentar textura masiva o en *ribbon*. También se observan vetas sigmoidales en *echelon* o zonas de *stockwork*.

El contenido de sulfuros en general es bajo (alrededor del 2,5 %).

Ejemplos

VETAS AURÍFERAS ASOCIADAS A TURBIDITAS (TIPO BENDIGO)

Distrito Rinconada, provincia de Jujuy

Se encuentra en la sierra homónima, cerca de la localidad de Abra Pampa. De acuerdo con el estudio efectuado por Segal *et al.* (1997) en el distrito pueden distinguirse vetas concordantes con su roca de caja, con variable deformación y textura

ribbon, y vetas discordantes con texturas masivas tipo cavernosa.

En las vetas concordantes, el cuarzo es portador de oro, con escasa cantidad de sulfuros, carbonatos y clorita, mientras que en las discordantes, el cuarzo incluye gotas de esfalerita y granos pequeños de pirita.

La mena principal consiste en oro y *electrum* con abundantes arsenopirita y pirita, y es moderada a escasa la presencia del resto de los minerales metalíferos.

El oro se encuentra como granos milimétricos aislados en la vetas de cuarzo (fotomicrografía 207), en venillas dispuestas en los intersticios de cuarzo masivo, como oro removilizado con un tamaño de 15 a 40 µm en zonas oxidadas de la mena o asociado a la arsenopirita y pirita (fotomicrografía 208).

La arsenopirita (fotomicrografías desde 208 y 210) se halla como cristales individuales de 1-2 cm de tamaño y en masas compactas que conforman lentes y venas (Zappettini y Segal 1999).

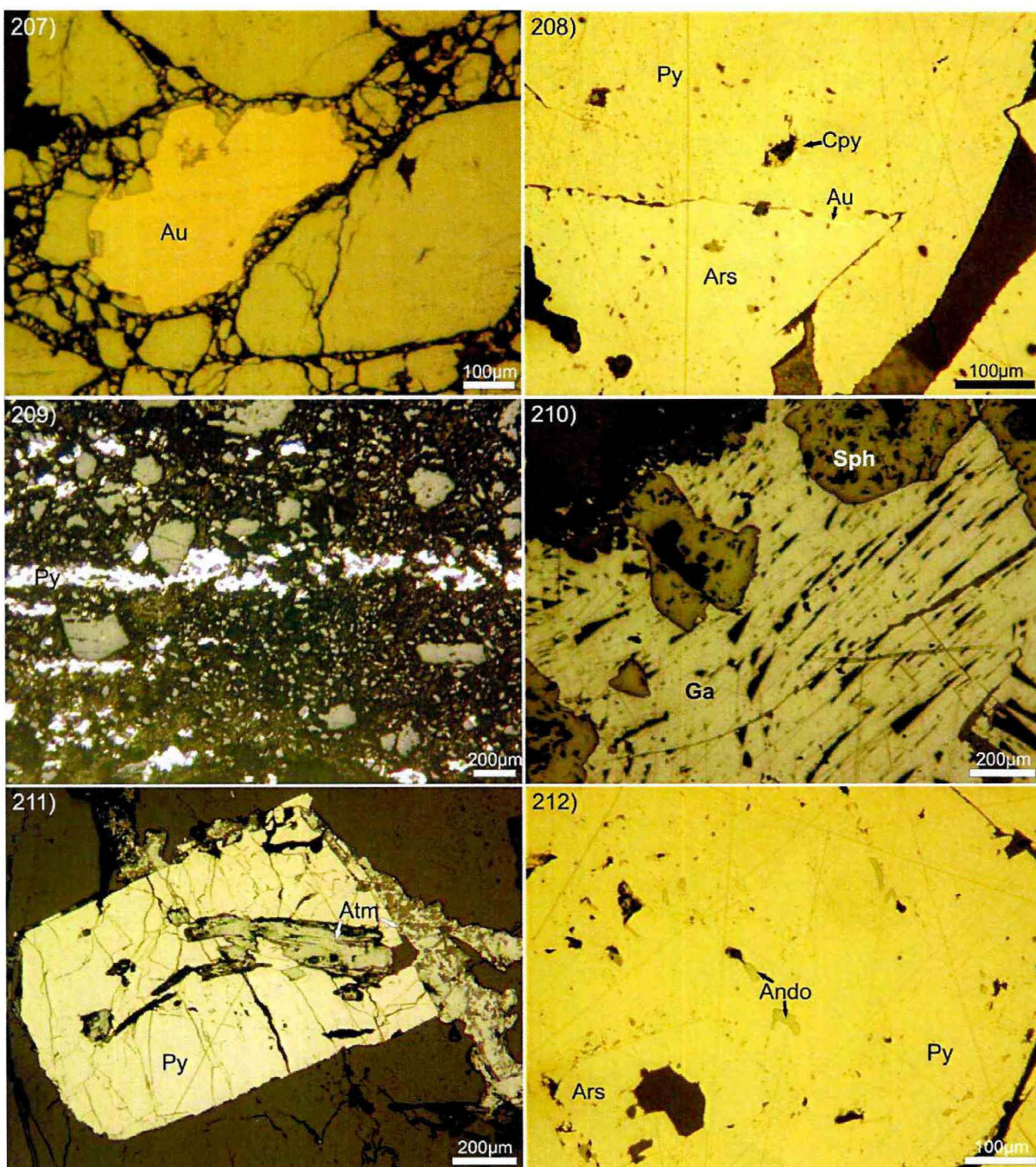
La pirita se infiltra entre los cristales de arsenopirita y la rodea localmente. También puede presentarse en su variedad aurífera como microvenillas (fotomicrografía 209).

La galena se encuentra en escasa cantidad siempre asociada a esfalerita y algunos carbonatos, y muestra leve deformación evidenciada en la curvatura de sus "saltaduras" (fotomicrografía 210).

La antimonita puede llegar a ser un mineral abundante, como en el caso de mina Puyita donde se presenta asociada a pirita (fotomicrografía 211).

Los minerales menores, en general, muestran texturas de reemplazo. Cabe mencionar la presencia de andorita, como pequeñas inclusiones en la pirita (fotomicrografía 212).

La figura 16 del anexo 2 muestra el diagrama paragenético propuesto por Segal *et al.* (1997) para Rinconada.



Fotomicrografía 207: Rinconada. Grano de oro nativo (Au) en venilla de cuarzo con fragmentación. Sin analizador.

Fotomicrografía 208: Rinconada. Fibra de oro nativo (Au), en la interfase pirita (Py) y arsenopirita (Ars). Sin analizador.

Fotomicrografía 209: Rinconada. Microvenilla de pirita aurífera (Py). Sin analizador.

Fotomicrografía 210: El Torno, distrito Rinconada. Galena (Ga) deformada, asociada a esfalerita (Sph). Sin analizador.

Fotomicrografía 211: La Puyita, distrito Rinconada. Pirita (Py) asociada a antimonita (Atm). Sin analizador.

Fotomicrografía 212: Rinconada. Andorita (Ando) incluida en pirita (Py). Sin analizador.

Muestras del proyecto "Metalogénesis del oro de la Sierra de Rinconada, provincia de Jujuy" (1997, SEGEMAR)

AU EN ZONAS DE CIZALLA

Distrito Sierra de las Minas y Ulapes, provincia de La Rioja

Las vetas se emplazan en migmatitas, granodioritas y tonalitas. Presentan una paragénesis simple en donde predominan el oro y *electrum*. Los sulfuros primarios, galena, esfalerita y pirita, se encuentran diseminados en vetas de cuarzo blanco macizo. Los minerales supergénicos son covellina y "limonitas" (Sarudiansky 1990, Cravero *et al.* 1995, Pieters y Skirrow 1997, Cravero 1999).

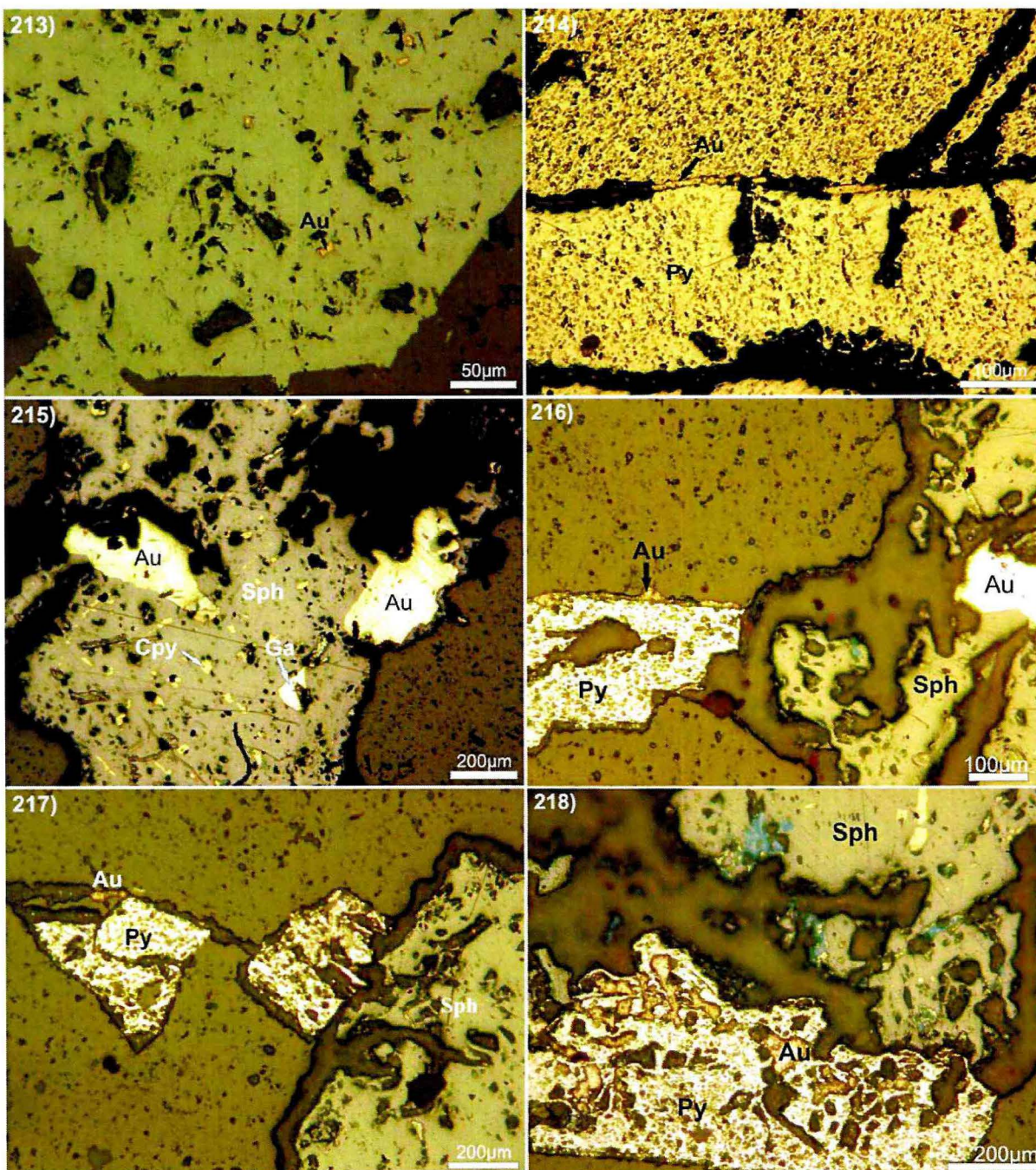
El oro se presenta en granos de escasos micrómetros y láminas milimétricas tanto en zonas primarias o en zonas oxidación (fotomicrografía 213). También hay una moderada proporción de *electrum* (Cravero 1999).

Distrito Candelaria, provincia de Córdoba

Se encuentra 20 km al sureste de Villa de Soto. Las vetas se localizan en una faja de cizalla de orientación norte-sur, desarrollada en un gneis que contiene numerosas zonas miloníticas (Caminos y Cucchi 1990, Miró 1999).

La mayoría de las vetas se componen de cuarzo macizo, blanco lechoso y recrystalizado, al cual se asocian pirita y trazas de esfalerita, galena, calcopirita y arsenopirita. Los bordes de algunas vetas de cuarzo están brechados y las fracturas rellenas por material limonítico.

La mineralización de oro aparece en dos estilos texturales principales: con sulfuros en zonas de mineralización primaria (fotomicrografías desde 214 a 218) y como oro grueso libre (de hasta 200 μm) en zonas de oxidación (Miró 1999).



Fotomicrografía 213: Distrito Sierra de las Minas. Chispas de oro nativo (Au) diseminadas en agregado "limonítico" que reemplazó a pirita. Sin analizador.

Fotomicrografía 214: El Patacón, distrito Candelaria. Microvenilla de oro nativo (Au) como relleno en el contacto entre granos de pirita (Py). Sin analizador.

Fotomicrografía 215: El Patacón, distrito Candelaria. Granos de oro nativo (Au) asociados a esfalerita (Sph) con inclusiones de calcopirita (Cpy) y de galena (Ga). Sin analizador.

Fotomicrografía 216: El Patacón, distrito Candelaria. Microvenilla de oro nativo (Au) bordeando grano de pirita (Py). A la derecha se observa un grano de oro asociado a esfalerita (Sph). Sin analizador.

Fotomicrografía 217: El Patacón, distrito Candelaria. Oro nativo (Au) como relleno de fisura en los márgenes de la pirita (Py). Sin analizador.

Fotomicrografía 218: El Patacón, distrito Candelaria. Oro nativo (Au) intercrecido con pirita (Py) asociada a esfalerita (Sph). Sin analizador.

Muestras pertenecientes a la Colección del Repositorio de Pulidos Calcográficos del SEGEMAR.

3) VETAS DE Sb

Modo de yacencia

Son vetas de cuarzo con antimonita en zonas de falla y cizalla, en ambientes orogénicos.

Mineralogía

- Mayoritarios: antimonita
- Minoritarios: pirita, oro nativo, arsenopirita, esfalerita, galena, marcasita, calcopirita, jamesonita, berthierita, cinabrio, schellita, acantita

Asociación de minerales metalíferos y texturas

Son agregados masivos de antimonita con cuarzo y carbonatos, o venas de grano fino a grueso con cristales euhedrales de antimonita.

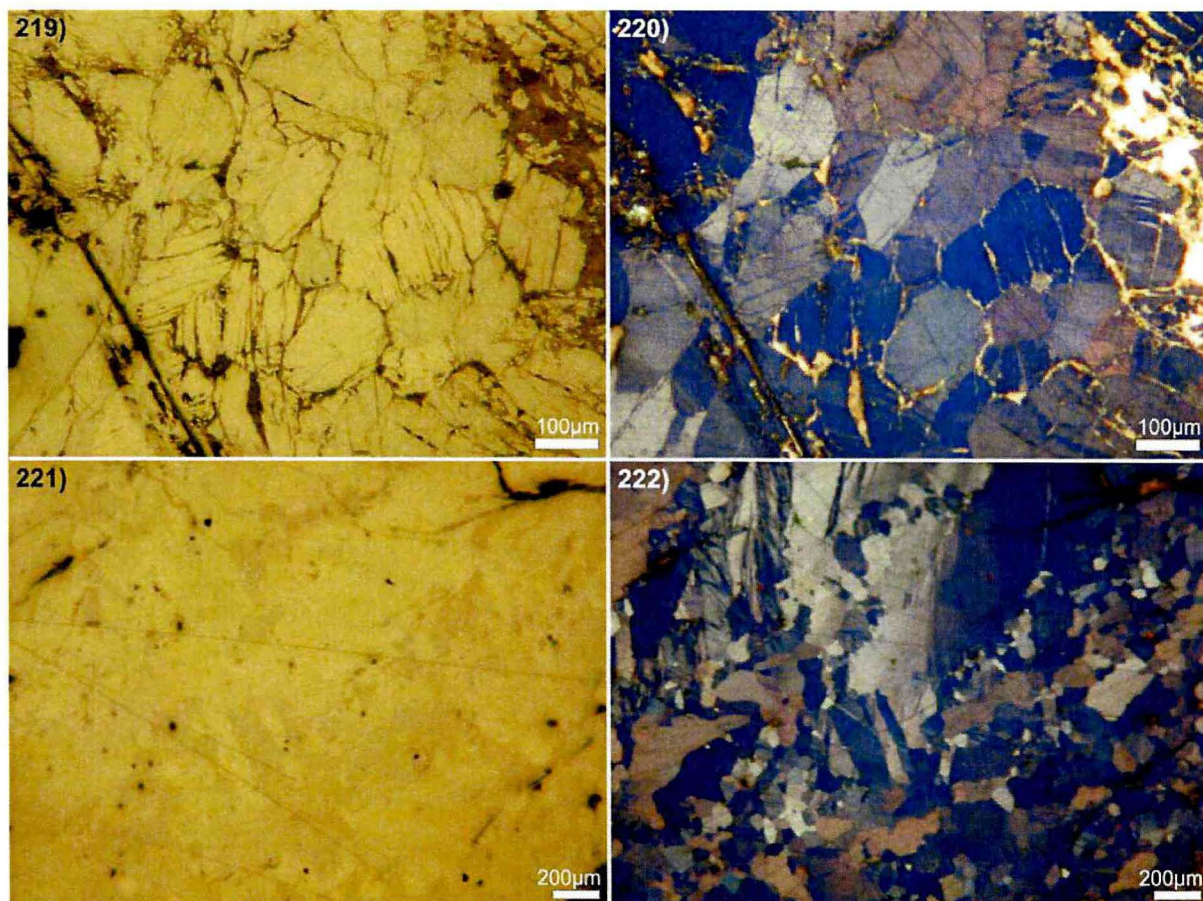
La antimonita puede estar alterada a óxidos como la kermesita o stibiconita.

Ejemplo

La Cébila, provincia de La Rioja

Se ubica en la Sierra de Ambato, en el departamento Capital. La roca de caja consiste en cuarcitas y esquistos. La paragénesis de las vetas es sencilla con un predominio de antimonita en ganga de cuarzo y pirita como accesorio (Harrington 1944, Sgrosso 1949, Fernández Lima y De La Iglesia 1954, Lavandaio 1969 y 1971). La antimonita se presenta en forma maciza, como cemento de brechas y con hábito prismático (fotomicrografías 219 y 220) o fibroso radiado, localmente con evidencias de deformación (fotomicrografías 221 y 222). Además, se identificaron antimonio nativo, marcasita, berthierita, arsenopirita, oro nativo y tetraedrita (Lavandaio 1999b).

Se observan óxidos de antimonio en forma de pátinas que recubren a la antimonita primaria en superficie.



Fotomicrografías 219 y 220: La Cébila. Agregado de antimonita en granos prismático. Sin y con analizador, respectivamente.

Fotomicrografías 221 y 222: La Cébila. Antimonita con hábito fibroso. Sin y con analizador, respectivamente. Muestras pertenecientes a la Colección del Repositorio de Pulidos Calcográficos del SEGEMAR.

4) VETAS RICAS EN -Ni-Co-As-Ag ± (Bi, U) (VETAS DE LOS CINCO ELEMENTOS)

Modo de yacencia

Consisten en vetas de relleno, comunmente de pocos centímetros a varios metros de espesor, que se alojan en una amplia variedad de rocas de caja.

Mineralogía

- Mayoritarios: niquelina, skutterudita, rammelsbergita, lollingita, cobaltina, gersdorffita, arsenopirita, pirita, marcasita, calcopirita
- Minoritarios: arseniuros de Ni-Co-Fe-Sb, bismuto nativo, plata nativa, "pechblenda",

Asociación de minerales metalíferos y texturas

Las menas de estos depósitos se caracterizan por una asociación paragenética compleja. Las texturas más comunes son de relleno de espacios abiertos y texturas dendríticas como por ejemplo plata nativa en el núcleo de rosetas rodeada por arseniuros o como dendritas a partir del núcleo.

Los granos de sulfuros aparecen diseminados, en venillas o en masas coloformes, tanto en vetas como en roca de caja. Las relaciones texturales sugieren que muchos de los sulfuros fueron removilizados y redepositados durante el período de mineralización. Otros, pueden representar un estado tardío de depositación respecto al principal proceso mineralizador.

La niquelina es generalmente anhedral algunas veces aparece en agregados radiales y fibrosos. Es común encontrarla rodeada entre skutterudita o saflorita y rammelsbergita.

La skutterudita se caracteriza por un hábito frecuentemente euhedral y especialmente por poder presentar zonación composicional; debido a esto algunas zonas son completamente destruidas mientras otras permanecen intactas durante la alteración. Como ya se mencionó en párrafos anteriores, son comunes texturas dendríticas y esqueléticas que involucran skutterudita, con un esqueleto de bismuto nativo o plata nativa.

Depósitos ricos en As-Ni-Co-U

San Santiago, provincia de La Rioja

Se encuentra 30 km al noroeste de la localidad de Jagüé. La veta muestra una mineralogía compleja y se encuentra alojada en cuarcitas, mármoles y anfibolitas precámbricos. De acuerdo con Brodtkorb (1969), el primer mineral que precipitó fue la niquelina, que se presenta como granos irregulares fuertemente fracturados, rellenas sus fisuras por rammelsbergita (fotomicrografías desde 223 a 226). En los bordes de la niquelina, con la calcita, se presenta "pechblenda" en forma de bandas botrioidales anastomosadas (fotomicrografías 223 y 224). En una cristalización posterior, la niquelina es reemplazada por millerita (fotomicrografías 225 y 226), bravoita y gersdorffita. Finalmente se depositaron los sulfuros de menor temperatura: esfalerita, calcopirita, pirita y marcasita. La millerita también pertenece a esta secuencia de cristalización y se encuentra, en partes, asociada a granos de calcopirita y, en otras, como reemplazo de bravoita. La ganga consiste en calcita parcialmente asociada a la precipitación de los minerales de uranio y níquel y, en otros sectores, rellena toda la estructura mineralizada.

Depósitos ricos en As-Ni-Co-Au

King Tut, provincia de La Rioja

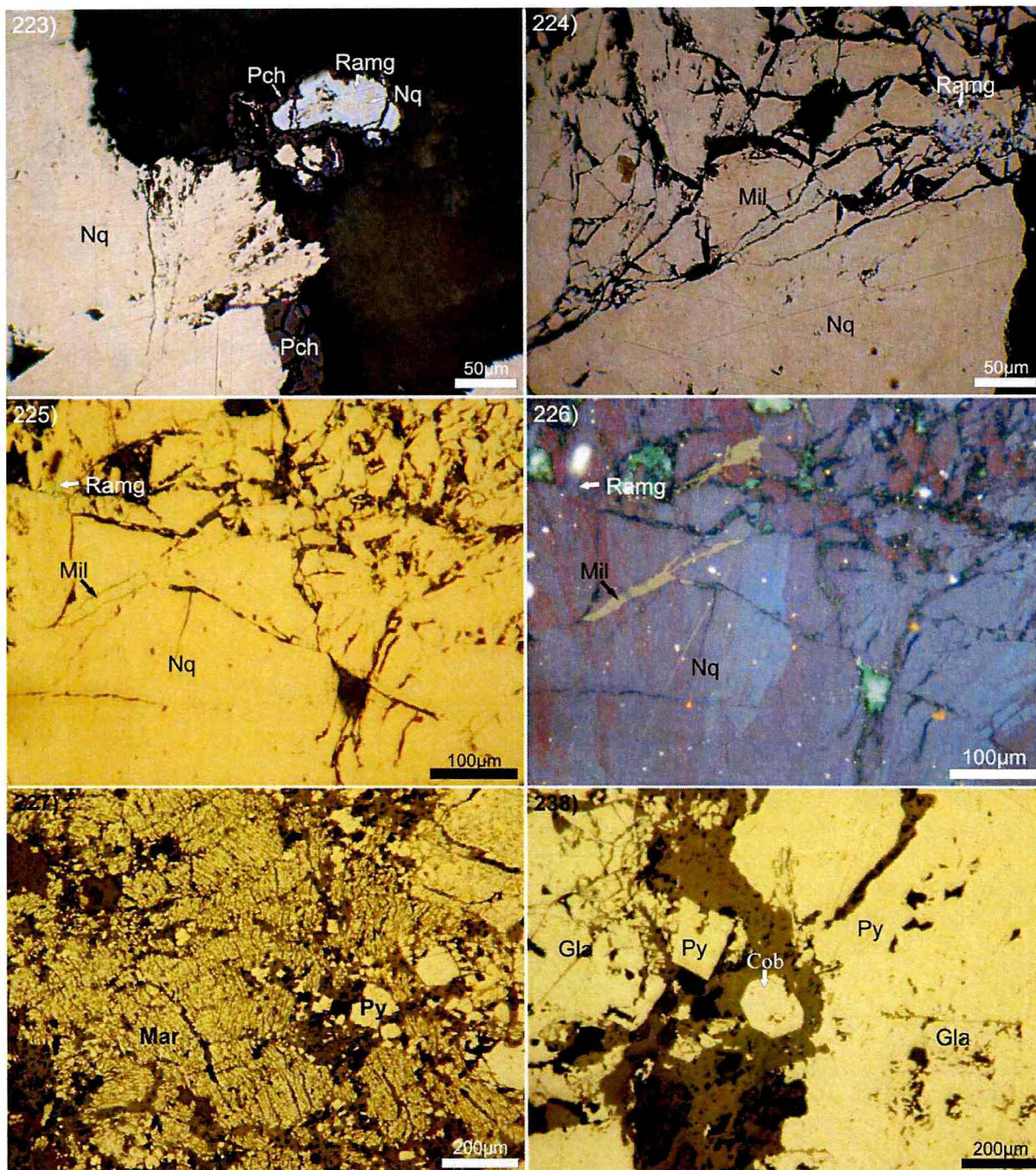
Se ubica 58 km al noreste de la localidad de Vinchina. La mineralización se presenta en una estructura filoniana con textura desde maciza a brechosa con ganga de cuarzo, y diseminada en pizarras ordovícicas. La asociación mineralógica más abundante es pirita, glaucodoto, arsenopirita, y en menor proporción cobaltina, pirrotina, marcasita (fotomicrografía 227), calcopirita, esfalerita, bornita, oro, bismuto nativo, tetradimita y digenita (Brodtkorb *et al.* 1983).

La pirita y el glaucodoto se presentan en forma maciza, en granos subhedrales y anhedrales, muchas veces fracturados. La pirita suele asociarse a marcasita euhedral o formar agregados bandeados botrioidales o globulares. El glaucodoto puede contener inclusiones de minerales de bismuto. La cobaltina forma granos subhedrales y se asocia a glaucodoto, pirita y arsenopirita (fotomicrografía 228). La pirrotina se presenta en granos diseminados o como inclusiones dentro de pirita o marcasita. El oro aparece en chispas diseminadas en cuarzo y roca de caja, o incluido

en glaucodoto y arsenopirita (Brodtkorb *et al.* 1983)

Otro mineral de cobalto presente es la alloclasita (Co,Fe)AsS, que se encuentra asociada

a los minerales de cobalto ya citados y constituye la primera cita de esta especie para la Argentina (Schalamuk *et al.* 1994).



Fotomicrografía 223: San Santiago. Niquelina (Nq) reemplazada a partir de sus bordes por rammelsbergita (Ramg), seguida por "pechblenda" (Pch). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografía 224: San Santiago. Niquelina (Nq) atravesada por microvenillas de rammelsbergita (Ramg) y millerita (Mil). Sin analizador y en inmersión de aceite.

Fotomicrografías 225 y 226: San Santiago. Microvenillas de millerita (Mil) y rammelsbergita (Ramg) que penetran a la niquelina (Nq). Sin y con analizador, respectivamente.

Fotomicrografía 227: King Tut. Agregado de marcasita (Mar) fina que reemplaza a pirita (Py) euhedral. Sin analizador.

Fotomicrografía 228: King Tut. Asociación de pirita (Py), glaucodoto (Gla) y cobaltina (Cob). Sin analizador.

Muestras del proyecto "Carta Minero-Metalogenética 2969-II, Tinogasta" (2001, SEGEMAR).

J) DEPÓSITOS DE PLACER DE Au Y EGP

Modo de yacencia

Los placeres se encuentran en barras de ríos, playas, como lentes irregulares y discontinuas de minerales pesados. Los paleoplaceres no consolidados son encontrados en terrazas fluviales, en gravas y arenas junto a ríos y canales. En general, los depósitos autóctonos se hallan en fajas orogénicas, en tanto que los alóctonos se localizan en áreas tectónicas estables.

Mineralogía

- Mayoritarios: oro *electrum*, ilmenita, rutilo, magnetita, casiterita
- Minoritarios: minerales del grupo del platino, hematita

Asociación de minerales metalíferos y texturas:

Consisten en acumulaciones de granos individuales, lixiviados, con tamaños que alcanzan varios milímetros y pueden preservar la textura original del cristal.

Los granos de oro suelen ser equidimensionales ("pepitas") y, comúnmente, tienen bordes finos de alrededor de un 5% de plata, aunque dicho valor puede incrementarse a medida que aumenta la edad del depósito.

En el caso de los placeres de platino, se distinguen: placeres de Au con EGP, y placeres de EGP con Au. Dentro del primer grupo, son comunes los paleoplaceres asociados a conglomerados terciarios, que contienen oro, ferroplatino y osmio-iridio con accesorios como magnetita, cromita, ilmenita, hematita, pirita, circón, granate y rutilo. En los placeres de EGP con Au, las fuentes son rocas ultramáficas (ofiolitas) y metamórficas de bajo grado. La mineralogía comprende platino-iridio, osmio-iridio, oro, magnetita, cromita e ilmenita.

En cualquiera de los dos grupos, la ilmenita constituye uno de los minerales más abundantes y se presenta como cristales simples homogéneos o intercrecida con hematita.

La magnetita, también abundante, tiende a oxidarse rápidamente a hematita o goethita, a partir de los bordes de sus granos o planos de clivaje.

El rutilo es menos abundante que la ilmenita pero más resistente a la oxidación y se encuentra frecuentemente en granos equigranulares, con escasas inclusiones de ilmenita.

La casiterita, resistente a la oxidación, en ocasiones se presenta como granos aproximadamente esféricos y, algunos, parcialmente deformados.

Ejemplos

Cañada Honda, provincia de San Luis

Se ubica en el departamento Pringles, 80 km al noroeste de la ciudad de San Luis. La asociación mineralógica tiene oro como mineral de importancia económica (fotomicrografía 229), acompañado por monacita, tantalita, columbo-tantalita, tapiolita, granate, biotita, turmalina, circón, pirita, apatita, ilmenita y magnetita. El oro presenta tamaños variables desde submicroscópico hasta alcanzar los 4 milímetros. La forma de las partículas es muy variable depende del tamaño, sector del aluvión y su grado de evolución genética. Pueden encontrarse formas obladas, laminares, equidimensionales, escamosas, botrioidales, dendri-formes y estrelladas (Rosello y Barbosa 1988, Rosello 1989, Rosello y Castro 1995, Castro 1999).

El Páramo, Tierra del Fuego

Se encuentra 185 km al norte de la ciudad de Río Grande. Consiste en placeres de oro con minerales del grupo del platino. Zappettini *et al.* (2004) identificaron laminillas de ilmenita, titanomagnetita, leucoxeno y granos de magnetita martitizados que se encuentran asociados a granates, piroxeno y anfíbol.

El isoferroplatino fue determinado como inclusión en rutilo (fotomicrografía 230); resultados de análisis puntuales arrojaron valores de 29,92% de platino para este mineral. Las inclusiones de EGP detectadas por microscopio electrónico mostraron un tamaño entre 12 y 23 micrómetros (Zappettini *et al.* 2004).

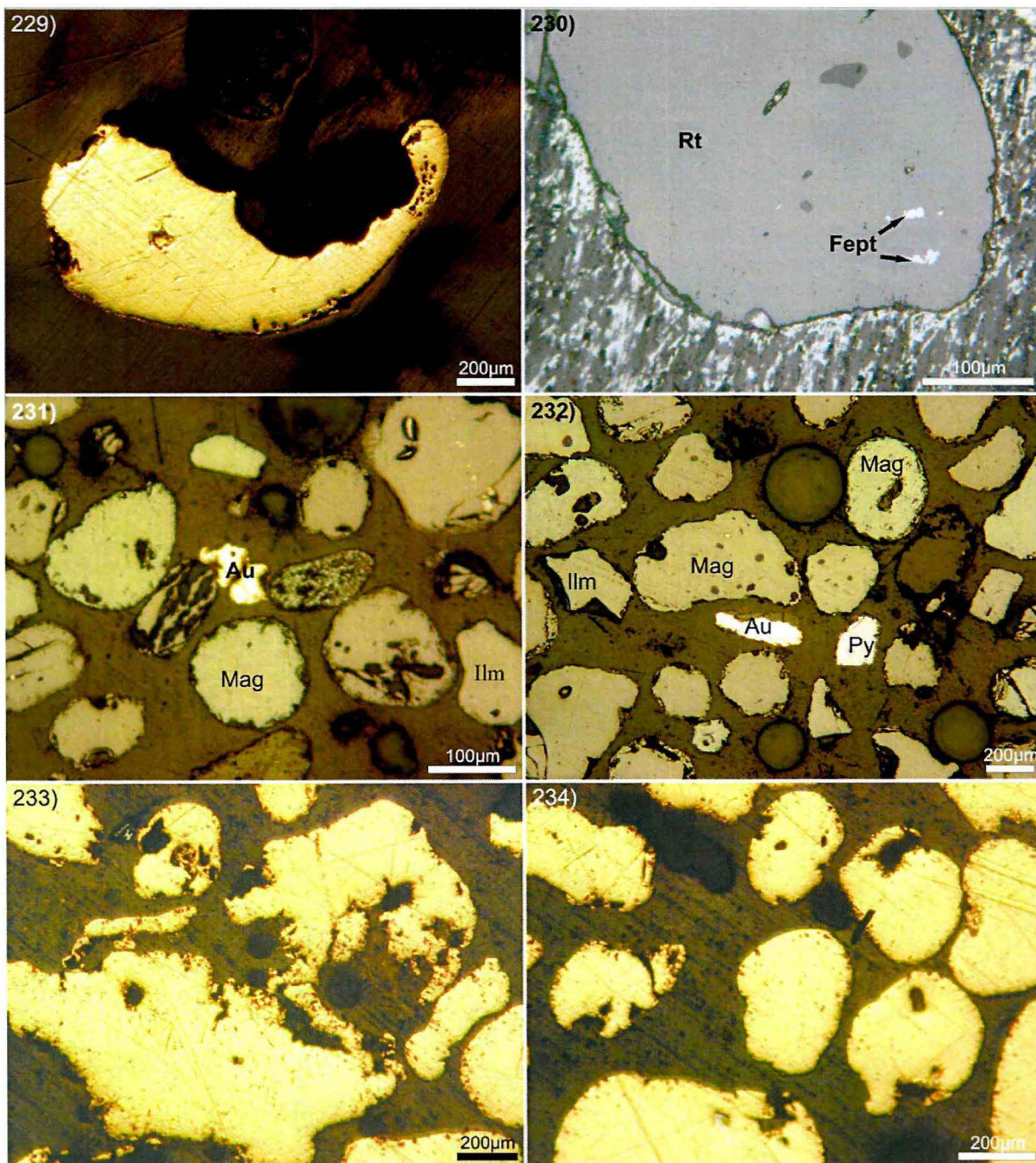
Distrito Santa Catalina-Rinconada-Carahuasi, provincia de Jujuy

Los depósitos aluviales auríferos son terciarios y cuaternarios. La fracción de minerales pesados de las arenas contiene pirita hematizada, magnetita, "limonitas", granate, corindón, escasa

turmalina, monacita y oro (fotomicrografías 231 y 232) (Aspilcueta y Salaberry 1964, Daroca 1968, Wipperf 1971, Segal *et al.* 1997, Zappettini y Segal 1999)

El oro se presenta con dos tipos de formas: dendrítico (fotomicrografía 233) y partículas con forma esférica (*nuggets*) (fotomicrografía 234). Estos granos exhiben bordes enriquecidos en oro o en plata, de aproximadamente 20 μm de espesor. Algunas partículas contienen pequeñas inclusiones de óxidos de hierro, también son comunes las

inclusiones de cuarzo, y es notable la presencia de pepitas de oro de hasta 20 g en el material eluvial en las cercanías de las vetas. En el aluvión Orosmayo, se determinó casiterita cuya procedencia se vincula a la erosión de mineralizaciones estaníferas. En el placer el Cóndor, se encontraron contenidos de Au de hasta 70g/t. En el placer Santa Catalina, la mineralización de oro se constituye por pequeñas escamas, chispas y pepitas acompañadas por hematita, magnetita, pirita e ilmenita (Zappettini y Segal 1999).



Fotomicrografía 229: Cañada Honda. Oro nativo (Au). Sin analizador.

Fotomicrografía 230: El Páramo. Grano de rutilo (Rt) con inclusiones de isoferroplatino (Fept). Sin analizador.

Fotomicrografías 231 y 232: Santo Domingo, distrito Rinconada. Granos de oro (Au), magnetita (Mag) con diferentes grados de martitización, ilmenita (Ilm) y escasos de pirita (Py). Sin analizador.

Fotomicrografía 233: Rinconada. Oro dendrítico. Sin analizador.

Fotomicrografía 234: Rinconada. Oro *nugget*. Sin analizador.

La muestra de Cañada Honda pertenece a la Colección del Repositorio de Pulidos Calcográficos del SEGEMAR. La muestra de El Páramo pertenece al proyecto "Evidencias geológicas sobre el origen del platino en Tierra del Fuego" (2003-2004, SEGEMAR).

Las muestras de Santo Domingo y Rinconada pertenecen al proyecto "Metalogénesis del oro de la Sierra de Rinconada, provincia de Jujuy" (1997, SEGEMAR).

K) DEPÓSITOS RESIDUALES Y DE ALTERACIÓN

FORMACION FERRÍFERA LATERÍTICA

Modo de yacencia

Estos depósitos tabulares a irregulares, enriquecidos en hierro, formados sobre la roca generadora, se originan a partir de dos procesos principales: 1) lixiviación de sílice, carbonato y minerales de ganga, y 2) enriquecimiento en hierro por oxidación, acumulación residual y depositación de goethita, hematita y otros minerales oxidados de hierro.

Mineralogía

Goethita, martita, arcillas

Asociación de minerales metalíferos y texturas

La mena consiste en masas friables y porosas de grano fino de minerales secundarios originados por oxidación, lixiviación y procesos de meteorización profunda.

La goethita suele formar una matriz alrededor de hematita, *chert* y granos de óxido de hierro, y se presenta en masas discordantes.

La alteración selectiva de carbonatos y silicatos portadores de hierro a goethita, y la oxidación

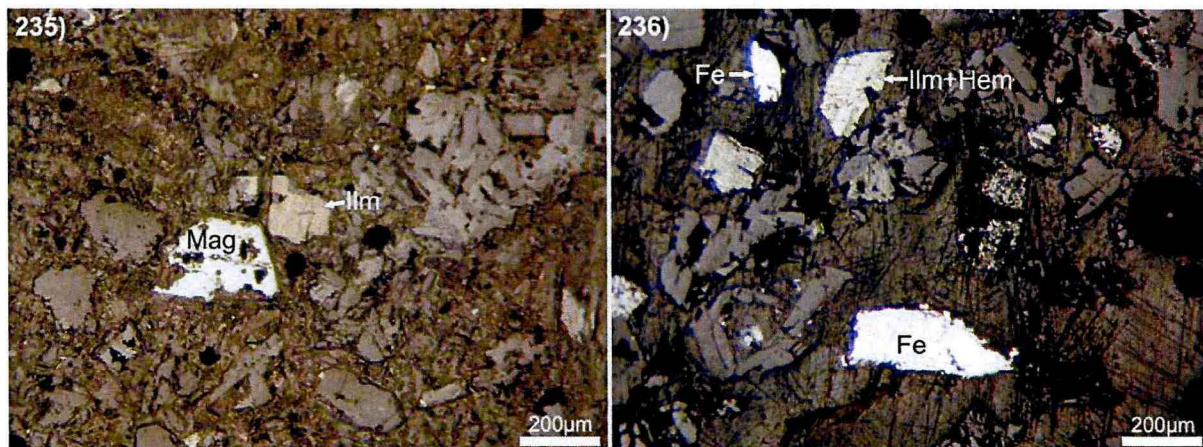
de magnetita a martita, son los primeros estadios detectados en la conversión de la mena de hierro primaria e indican que la lixiviación tuvo lugar en ambientes fuertemente oxidantes.

Ejemplo

Formación ferrífera de la provincia de Misiones

Los depósitos de hierro están constituidos por bancos de mineral incluidos en la tierra colorada. La mena ferrífera consiste en concreciones esferoidales a elipsoidales de goethita como componente principal, y de hematita, incluidas en fajas de la sucesión areno-arcillosa. También hay nódulos de "limonitas" terrosas. En menor proporción, se encuentran granos subhedrales de magnetita asociada a ilmenita (fotomicrografía 235). En ciertos sectores, el mineral de hierro aparece mezclado con productos caolínicos. El tamaño de los nódulos varía desde 1 a 100 mm y la textura puede ser bandeada, concéntrica o maciza (Lurgo Mayón 1999).

A partir de estudios microscópicos recientes de una de las autoras (S. S.), se ha determinado la presencia de hierro nativo diseminado en forma de granos irregulares y tabulares, con leve oxidación en los bordes (fotomicrografía 236). Este hallazgo ha sido corroborado por análisis con EDS.



Fotomicrografía 235: Cerro Azul. Granos de magnetita (Mag) e ilmenita (Ilm) diseminados. Sin analizador.

Fotomicrografía 236: Cerro Azul. Granos de hierro nativo (Fe) diseminados junto a tablillas de ilmenita oxidadas a hematita (Ilm+Hem). Sin analizador.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, R. D., Fanlo, I., Subías, I., Paniagua, A. y Buffone, D. E., 2005. Polymetallic VMS deposits of the Andes Fueguinos (southernmost Argentina): preliminary report. En: Mineral Deposit Research: meeting the Global Challenge (Eds. J. Mao, F. P. Bierlein). Springer: 599-602. Berlin.
- Ahlfeld, F., 1950. Geología de la Mina "Pirquitas". *Minería Boliviana*, 7: 5-14.
- Ametrano, S. y Paar, W., 1996. Cobaltita en la manifestación de sulfuros compactos área Mina Beatriz, provincia de Tierra del Fuego. 3º Reunión de Mineralogía y Metalogénesis y 3º Jornadas de Mineralogía, Petrografía y Metalogénesis de Rocas Ultrabásicas. INREMI, UNLP. Publicación nº 5: 55-61. La Plata.
- Ametrano, S., Etcheverry, R. O., Echebeste, H., Godeas, M. y Zubia, M., 2000a. VMS district of tierra del Fuego, Argentina. En: VMS deposits of Latin America (Eds. R. Scherlock, M.A. Logan). Geological Association of Canada: 593-612. Ontario.
- Ametrano, S., Etcheverry, R. O. y Echebeste, H., 2000b. Lillianita selenífera y otros minerales portadores de Bi, Se y Ag en manifestaciones polimetálicas (SMV) de Tierra del Fuego, Argentina. 5º Congreso de Mineralogía y Metalogénia. INREMI, UNLP. Publicación nº 6: 32-35. La Plata.
- Angelelli, V., 1946. La cuenca ferrífera de Sierra Grande, departamento San Antonio, Territorio de Río Negro. Dirección General de Fabricaciones Militares. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Angelelli, V., 1984. Yacimientos metalíferos de la República Argentina. Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Naturales y Museo de La Plata-UNLP. Instituto de Geología Aplicada. 704 pp. La Plata.
- Angelelli, V. y Rayces, E., 1946. Estudio geológico-minero del distrito cuprífero Capillitas, departamento Andalgalá, provincia de Catamarca. Dirección General de Fabricaciones Militares. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Angelelli, V., Schalamuk, I. y Cagnoni, J., 1974. La rodocrosita del yacimiento cuprífero de Capillitas, dpto. Andalgalá, prov. de Catamarca, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 29: 105-127.
- Angera, J. A., 1999. Mina Bajo de La Alumbrera, Catamarca. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1451-1461. Buenos Aires.
- Argañaraz, R. A., 1973. Informe geológico económico preliminar del prospecto La Providencia. Inédito. Salta.
- Argañaraz, R. A., Mancini, J. A. y Sureda, R. J., 1982. El yacimiento La Concordia (Ag-Pb) en la provincia de Salta, Argentina: un proyecto privado de rehabilitación y explotación minera. *Actas 5º Congreso Latinoamericano de Geología*, 5: 61-78. Buenos Aires.
- Arizamendi, A., Brodtkorb, M. K. de y Bernhardt, H. J., 1996. Paragénesis mineral de la mina Ángela, Gastre, provincia de Chubut. 3º Reunión de Mineralogía y Metalogénia y 3º Jornadas de Mineralogía, Petrografía y Metalogénesis de Rocas Ultrabásicas. INREMI, UNLP. Publicación nº 5: 1-7. La Plata.
- Aspilcueta, J. y Salaberry, C. A., 1964. Prospección aluvional en la cuenca del Río Santa Catalina, departamento Santa Catalina, provincia de Jujuy. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Ávila, J. C., 1982. Estructura y mineralización del yacimiento de estaño de Vil Achay, provincia de Catamarca, Argentina. *Actas 5º Congreso Latinoamericano de Geología*, 2: 633-651. Buenos Aires.
- Ávila, J. C., 1999. El yacimiento de cobre Martín Bronce, Jujuy. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 947-949. Buenos Aires.
- Ávila, J., Chomnals, R. y Ferullo, S., 1984. Geología y metalogénesis del yacimiento cuprífero estratoligado Martín Bronce, departamento Santa Bárbara, provincia de Jujuy. *Actas 9º Congreso Geológico Argentino*, 5: 538-552. San Carlos de Bariloche, Río Negro.
- Ávila, J., Lazarte, J.E., Gianfrancisco, M. y Fogliata, A.S., 1999. Metalogénesis de wolframio y estaño de Catamarca. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 563-573. Buenos Aires.
- Bassi, H., 1952. Los depósitos de ilmenita y magnetita titanífera de la mina "Podestá" (ex Romay). Departamento El Alto, Catamarca. *Boletín de la Dirección de Industria y Minería*, 77. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Bassi, H., 1974. Estudio complementario del yacimiento cuproaurífero de La Alumbrera, Catamarca. Subsecretaría de Minería. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Bassi, H. y Rochefort, G., 1977. Estudio geológico del yacimiento diseminado cuproaurífero de La Alumbrera, Catamarca. Servicio Minero Nacional. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Beder, R., 1952. Algunas observaciones sobre el yacimiento del mineral de hierro de la mina "Romay". Dirección General de Minería, Geología e Hidrogeología, 11. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Bedlivy, D. y Llambías, E. J., 1969. Arseniatos de Cu, de Fe y de Pb de San Francisco de los Andes, provincia de San Juan, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 24 (1): 29-40.
- Bengochea, L. y Mas, G., 2006. Evolución de los fluidos hidrotermales durante el proceso de mineralización y alteración en el distrito minero Hualilán, provincia de San Juan. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 61 (1): 31-38.
- Bengochea, J. D., Bengochea, L. y Mas, G., 1988. Inclusiones fluidas en el yacimiento de oro en calizas Hualilán, provincia de San Juan, República Argentina.

- tina. Actas 3º Congreso Nacional de Geología Económica, 1: 251-267. Olavarría.
- Biel, C., Subías, I., Fanlo, I., Mateo, E. y Acevedo, R. D., 2010. The Arroyo Rojo volcanic-hosted massive sulphide deposit (Tierra del Fuego, southernmost Argentina): geology, mineralogy, petrography and mineral chemistry. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 27 (1): 84-96.
- Bjerg, E.A., 1985. Aspectos genéticos del proceso de mineralización y su relación con los cuerpos serpentiniticos del área de las minas Salamanca, La Luisa y La Barrera, departamento Tupungato, provincia de Mendoza. UNS, Tesis doctoral, 98pp. Inédito. Bahía Blanca.
- Bjerg, E.A. y Brodtkorb, M. K. de, 2002. Argentopentlandita de mina Salamanca: una nueva especie mineral en Argentina. Actas 6º Congreso de Mineralogía y Metalogenia. Mineralogía y Metalogenia 2002 (Eds. M. K. de Brodtkorb, M. Koukharsky, P. R. Leal), FCEN, UBA: 31-34. Buenos Aires.
- Bjerg, E. A., Gregori, D. A., Losada Calderón, A. y Labudía, C. H., 1990. Las metamorfitas del faldeo oriental de la Cuchilla de Guarguaraz, Cordillera Frontal, prov. de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 45 (3-4): 234-245.
- Bjerg, E. A., Brodtkorb, M. K. y Stumpfl, E. F., 1993. Compositional zoning in Zn-chromites from the Cordillera Frontal Range, Argentina. *Mineralogical Magazine*, 57: 131-139.
- Bjerg, E. A., Kostadinoff, J., Mogessie, A., Hoinkes, G., Stumpfl, E. F. y Hauzenberger, Ch. A., 1996. Faja de rocas ultramáficas de las Sierras de San Luis: nuevos hallazgos de minerales del Grupo del Platino. 3º Reunión de Mineralogía y Metalogenia y 3º Jornadas de Mineralogía, Petrografía y Metalogénesis de Rocas Ultrabásicas. INREMI, UNLP. Publicación nº 5: 303-310. La Plata.
- Bjerg, E. A., Delpino, S., Dimieri, L., Kostadinoff, J., Mogessie, A., Hoinkes, G., Hauzenberger, Ch. A. y Felfernig, A., 1997. Estructura y Mineralización del área Las Águilas-Virorco, San Luis, Argentina. Actas del 8º Congreso Geológico Chileno, 2: 857-861. Antofagasta.
- Bjerg, E. A., Villar, L. M. y Donnari, E., 1999. Distrito cuprífero Salamanca, complejos Novillo Muerto y Los Gateados, Mendoza. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 167-172. Buenos Aires
- Bodenbender, G., 1913. La formación de plata metálica y de los filones argentíferos en el Famatina (Comunicaciones mineras y mineralógicas). Academia Nacional de Ciencias, 19: 429-440. Córdoba.
- Bonalumi, A. y Gigena, A., 1987. Relación entre las metamorfitas de alto grado y las rocas básicas y ultrabásicas en el departamento Calamuchita, Córdoba. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 42 (1-2): 73-81.
- Boso, M. A. y Monaldi, C. R., 1999. La cuenca ferrífera del norte argentino, Jujuy y Salta. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 529-544. Buenos Aires
- Brodtkorb, A., 1979. La Helvecia: un depósito estratoligado de Pb-Zn y baritina, provincia de La Rioja. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 34 (4): 311-330.
- Brodtkorb, A. y Brodtkorb, M. K. de, 1999. Distrito La Helvecia (plomo, cinc y bario), La Rioja. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E.O.Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 691-696. Buenos Aires
- Brodtkorb, M. K. de, 1966. Mineralogía y consideraciones genéticas del yacimiento Huemul, provincia de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 21 (3): 165-179.
- Brodtkorb, M. K. de, 1969. Estudio de la mineralización del yacimiento "San Santiago", provincia de La Rioja, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 24 (3):183-190.
- Brodtkorb, M. K. de, 1970. La cobalto-pentlandita del yacimiento Salamanca, provincia de Mendoza, república Argentina. *Revista de la Asociación Argentina*, 25 (3):307-310.
- Brodtkorb, M. K. de, 1972. El yacimiento Salamanca, ejemplo de depósito "hidrotermal" de Cu-Ni. Actas del 1º Congreso Hispano-Americano de Geología Económica, A4-1: 1001-1011. España.
- Brodtkorb, M. K. de, 1999. Los Distritos Seleníferos de La Rioja. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 625-629. Buenos Aires
- Brodtkorb, M. K. de y Ametrano, S., 1981. Estudio mineralógico de la mina Los Cóndores, provincia de San Luis. Actas del 8º Congreso Geológico Argentino, 3: 259-302. San Luis.
- Brodtkorb, M. K. de y Logan, M. A. V., 2005. Aportes al conocimiento de la paragénesis del yacimiento Santa Elena, Calingasta, San Juan. Actas del 16º Congreso Geológico Argentino, 2: 825-826. La Plata.
- Brodtkorb, M. K. de y Paar, W., 1993a. Redefinición de cuatro minerales del yacimiento San Martín, Valcheta, provincia de Río Negro, Argentina. Actas del 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 5: 90-91. Mendoza.
- Brodtkorb, M. K. de y Paar, W., 1993b. Presencia de colusita y consideraciones mineralógicas en el distrito La Mejicana, provincia de La Rioja. Actas del 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 5: 87-90. Mendoza
- Brodtkorb, M. K. de y Paar, W., 2004. Angelaíta en la paragénesis del distrito Los Manatales, provincia del Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59 (4): 787-789.
- Brodtkorb, M. K. de y Schalamuk, B. I., 1999. Yacimientos de cobre y oro de la Sierra de Famatina, La Rioja. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1659-1663. Buenos Aires

- Brodtkorb, M. K., Ametrano, S. y Ottemann, J., 1978. Contribución al conocimiento mineralógico del yacimiento El Quevar, provincia de Salta. *Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología*, 9 (3-4):75-87.
- Brodtkorb, M. K. de, Lanfranco, J. J. y Sureda R., 1978. Asociaciones minerales y litología del yacimiento Aguilar, provincia de Jujuy, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 33 (4): 277-298.
- Brodtkorb, M. K. de, Bernhardt, H. J. y Palacios, T., 1983. Estudio mineralógico del yacimiento King Tut, provincia de La Rioja. *Revista de la Asociación de Mineralogía, Petrología y Sedimentología*, 14 (3-4): 84-87.
- Brodtkorb, M. K. de, Gay, H. D. y Sureda, R. J., 1990. Carboniferous epithermal mineralizing activity in the Precordillera. The polymetallic selenide-sulphide minerals of Los Llanenes mining district, La Rioja, Argentina. 8º Int. Symposium on Andean Geodynamics: 66-67. Grenoble, Francia.
- Brodtkorb, M. K. de, Gay, H. D. y Sureda, R. J., 1993. Polymetallic selenide-sulfide minerals of the Los Llanenes mining district, La Rioja, Argentina. *Proceedings 8º Quadrennial IAGOD*, 1: 119-125.
- Brodtkorb, M. K., Schalamuk, I. A., Marcos, O. y Sardi, F., 1996. Mineralizaciones del Sistema de Famatina. En: *Geología del Sistema de Famatina* (Eds. F.G. Aceñolaza, H. Miller y A. Toselli). *Münchner Geologische Hefte*, 19 (Reihe A): 359-388. Munich.
- Brodtkorb, M. K. de, Wiechowski, A. y Caffè, P., 2000. Mineralogía y quimismo de las inclusiones presentes en la galena de la mina Pan de Azúcar, provincia de Jujuy. *Actas 5º Congreso de Mineralogía y Metalogenia. Mineralogía y Metalogenia 2000*. (Eds. I. Schalamuk, M. Brodtkorb, P. Caffè). INREMI, UNLP. Publicación nº 6: 485-487.
- Brodtkorb, M. K. de, Zappettini, E., Bernhardt, H. J. y Korzeniewski, L. I., 2008. Nuevos datos sobre las ferberitas del Batolito de Tusaquillas, provincia de Jujuy. *Actas 9º Congreso de Mineralogía y Metalogenia*: 85-92.
- Brogioni, N., 1992. El cuerpo máfico-ultramáfico de Las Águilas, provincia de San Luis. *Mineralogía de los silicatos. 1º Reunión de Mineralogía y Metalogénia y 1º Jornada de Mineralogía, Petrografía y Metalogenia de Rocas Ultrabásicas*: 379-392. La Plata.
- Brogioni, N., 1994. Petrología de la faja de rocas máficas y ultramáficas de las Sierras de San Luis, Argentina. *Mineralogía de los silicatos. Actas 7º Congreso Geológico Chileno*, 3: 967-971. Concepción.
- Caffè, P. J., 1998. Origen y evolución de fluidos hidrotermales en el sistema epitermal Pan de Azúcar, Puna Norte, Argentina. *Actas 10º Congreso Latinoamericano de Geología y 6º Congreso nacional de Geología Económica*, 3: 208-213. Buenos Aires.
- Caffè, P.J. y Coira, B., 1999. Complejos de domos volcánicos del Mioceno medio de Puna norte. Un modelo geológico y metalogenético para yacimientos epitermales de metales de base ricos en Ag (Sn). En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1569-1578. Buenos Aires.
- Caffè, P.J. y Coira, B., 2008. Depósitos epitermales polimetálicos asociados a complejos volcánicos dómicos: Casa Colorada, Pan de Azúcar, Chinchillas y Cerro Redondo. En: *Geología y Recursos Naturales de la provincia de Jujuy. Relatorio del 17º Congreso Geológico Argentino* (Eds. B. Coira, E.O. Zappettini), AGA: 350-375.
- Caminos, R. y Cucchi, R., 1990. Levantamiento geológico estructural de la región situada entre Villa de Soto y Candelaria, provincia de Córdoba. Dirección Nacional de Minería y Geología. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Cardó, R., Segal, S. y Zubia, M., 2004. Descripción del Mapa Metalogenético del oro de la República Argentina. IGRM, SEGEMAR, Anales 38, 133 pp. Buenos Aires.
- Cardó, R., Segal, S., Korzeniewski, L. I., Palacio, M.B. y Chernicoff, C. J., 2008. Estudio metalogenético de brechas hidrotermales portadoras de mineralización de Bi-Au-Cu en el ámbito de la Cordillera Frontal, provincia de San Juan. *Serie Contribuciones Técnicas, Recursos Minerales nº 31*. IGRM, SEGEMAR. Buenos Aires.
- Castillo, A. L., López de Azarevich, V. L. y Azarevich, M. B., 2009. Mineralizaciones volcanogénicas submarinas de la mina de Cu-Fe La Colorada, Salta. *Actas 9º Congreso de Geología Económica*: 119-126.
- Castro, L. N., 1999. Depósitos aluvionales auríferos de San Luis. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1867-1872. Buenos Aires.
- Castro de Machuca, B., 1988. Los yacimientos de plomo-zinc-plata del distrito minero Marayes, provincia de San Juan. *Actas 3º Congreso Argentino de Geología Económica*, 2: 381-399. Olavarría, Buenos Aires.
- Castro de Machuca, B., Meissl, E., Mogessie, A., Bjerg, E., Conte-Grand, A., Pontoriero, S., Sumay, C., Delpino, S. y Gallien, F., 2010. La mineralización de las minas Bella Blenda y Cristal Blenda, distrito minero Marayes, provincia de San Juan. *Actas 10º Congreso de Mineralogía y Metalogenia 2010*: 151-156. UNRC. Córdoba.
- Cayo, R., 1954. Mina La Colorada (Salta). Dirección General de Fabricaciones Militares. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Cedillo Frey, A., Paez, G., Ruiz, R., Bauluz Lázaro, B. y Subías, I., 2009. Mineralogía de la alteración hidrotermal en el yacimiento epitermal Mina Martha, Macizo del Deseado, Argentina. *Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, macla nº 11.
- Chayle, W., 1999. Mina Pirquitas, Jujuy. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1593-1598. Buenos Aires.

- Cosentino, J. y Mutti, D., 1982. Intrusiones ultramáficas en la Sierra de Córdoba, Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, 16: 61-69. San Miguel de Tucumán.
- Cox, D. P. y Singer, D. A., eds., 1986. *Mineral Deposit Models*. United States Geological Survey. Bulletin 1693, 379 pp.
- Cozzi, N. A., 1977. Estudio geológico minero zona Sierra Grande, depósitos ferríferos norte y sur/este, provincia de Río Negro. Dirección General de Fabricaciones Militares. Biblioteca SEGEMAR. Mendoza.
- Craig, J. R. y Vaughan, D. J., 1994. *Ore Microscopy and Ore Petrography*. 2nd edition. John Wiley and Sons, Inc. 434 pp.
- Cravero, O., 1999. Yacimientos auríferos en Sierra de las Minas y Ulapes, La Rioja. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 637-646. Buenos Aires.
- Cravero, O., Ríos, J., Loredó, J. y García iglesias, J., 1995. Gold bearing shear zones in Sierra de Chepes, de las Minas and Ulapes, La Rioja, Argentina. Gold "94" Conference. Nevada. USA.
- Cussi, D. D. y Sureda, R. J., 1995. Grupo Minero La Quesera: algunos sistemas de vetas metalíferas y su control estructural en la Formación Puncoviscana del norte argentino. *Actas 5º Congreso Nacional de Geología Económica*: 385-393. San Juan.
- Daroca, 1978. Informe final del área de reserva nº 3, Rinconada, provincia de Jujuy. Dirección General de Fabricaciones Militares. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- De Bari, S., 1994. Petrogenesis of the Fiambalá Gabbroic Intrusion, northwestern Argentina, a deep crustal syntectonic pluton in a continental magmatic arc. *Journal of Petrology*, 35 (3): 679-713.
- Del Blanco, M., Echavarría, L., Echeveste, H., Etcheverry, R., Tessone, M. y Mondelo, R., 1994. Estancia La Josefina, un nuevo prospecto aurífero en el Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. Argentina. *Actas del Encuentro Internacional de Minería*. Secretaría de Minería de la Nación: 93-99. Buenos Aires.
- Del Mónaco, A., 1971. Geología económica de los niveles 110 y 140 de la mina Gonzalito (provincia de Río Negro), República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 26 (1): 57-66.
- Delpino, S., Bjerg, E., Ferracutti, G., Dimieri, L., Mogessie, A. y Kostadinoff, J., 2002. Upper-amphibolite facies mylonitization on mafic-ultramafic rocks and gneissic-migmatitic country Rocks, Sierra of San Luis, Argentina: implication in the remobilization of ore sulfides. *Actas 6º Congreso de Mineralogía y Metalogenia*. Mineralogía y Metalogenia 2002 (Eds. M. K. de Brodtkorb, M. Koukharsky, P. R. Leal), FCEN, UBA.: 123-126. Buenos Aires.
- Di Marco, A. y Mutti, D., 2005. Depósito de hierro Cerritos Blancos, Pampa de Pocho, provincia de Córdoba. *Actas 8º Congreso Argentino de Geología Económica*: 117-122. Buenos Aires
- Echavarría, L. E., 1995. Depósito epitermal cuarzo-aurífero El Dorado-Monserrat, provincia de Santa Cruz. *Actas 5º Congreso Nacional de Geología Económica*: 414-425. San Juan.
- Echavarría, L. E., 2004. Los fluidos hidrotermales formadores de la mineralización epitermal el Dorado-Monserrat, Macizo del Deseado. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59 (1): 70-82.
- Echavarría, L., Etcheverry, R., Echeveste, H., Del Blanco, M., Tesone, M., Mondelo, R. y Perez, D. 1996. Características geológicas del depósito epitermal La Josefina, Santa Cruz, Argentina. *Revista Espacios*, Universidad de la Patagonia Austral, Año 1, Nº 5: 27-33.
- Eckstrand, O. R., Sinclair, W. D. y Thorpe, R. I., eds., 1995. *Geology of Canadian Mineral Deposit Types*. Geological Survey of Canada, Geology of Canada, nº 8, 640 pp.
- Escayola, M. P., 1994. Faja ultramáfica de la Sierra Grande de Córdoba entre Inti-Yaco y Estancia San Miguel. Departamento de Calamuchita. Provincia de Córdoba. República Argentina. Tesis doctoral, FCEFN, UNC. Inédito.
- Escayola, M. y Pimentel, M. 2005. La Faja Ultramáfica occidental de Sierras Pampeanas de Córdoba: un retroarco neoproterozoico. *Actas 16º Congreso Geológico Argentino*, CD-ROM, Artículo 758, 6pp.
- Escayola, M.P., Ramé, G.A. y Kraemer, P.E., 1996. Caracterización y significado geotectónico de las fajas ultramáficas de las Sierras Pampeanas de Córdoba. *Actas 13º Congreso Geológico Argentino*, 3: 421-438.
- Escayola, M. P., Proenza, J. A., Schalamuk, A. y Cávana, C., 2004. La secuencia ofiolítica de la faja ultramáfica de Sierras Pampeanas de Córdoba, Argentina. En: *Complejos ofiolíticos en Iberoamérica*. Guías de exploración para metales preciosos (Eds. E. Pereiro, R. Castroviejo, F. Ortiz). Proyecto XIII. 1 CYTED: 113-155.
- Episú, E. y Amengual, R., 1983. Juramento. Un depósito estratoligado de cobre, plata y plomo. Provincia de Salta. *Actas 2º Congreso Nacional de Geología Económica*, 1: 71-90. San Juan.
- Etcheverry, R., Echeveste, H., Schalamuk, I. y Ametrano, S., 1997. Manantial Espejo: a jurassic epithermal gold mineralization, Santa Cruz, Argentina. En: *Mineral Deposits: Research and Exploration-Where do they meet?* (Ed. H. Papunen) A.A. Balkema Publishers: 177-180. Brookfield.
- Felfernig, A. Mogessie, A., Hauzenberger, Ch. A., Hoinkes, G., Bjerg, E. A., Kostadinoff, J., Delpino, S. y Dimieri, L., 1997. Petrology and mineralization of the Las Águilas ultramafic body, San Luis province, Argentina. *Terra Nova*, 9: 532-533. Strasbourg.
- Fernández, R., Brown, F. y Lencinas, A., 1974. Pachón, un nuevo pórfido cuprífero argentino. *Actas 5º Congreso Geológico Argentino*, 1: 77-89.
- Fernández Gianotti, J. R., 1977. Geología de la faja de rocas ultrabásicas de la ladera oriental de la Sierra de los Comechingones, provincia de Córdoba, República Argentina. Tesis doctoral. FCEN, UBA. Inédito.

- Fernández Lima, J. C. y De la Iglesia, H., 1954. Revisión de los yacimientos de antimonio de la Quebrada de la Cébila. Dirección Nacional de Minería. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Fernández Lima, J. C. y Oliveri, J. C., 1951. Informe geológico-económico de las Minas de Gualilán, departamento de Ullúm, provincia de San Juan. Servicio Minero Nacional. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Ferracutti, G., 2005. Geología y mineralizaciones asociadas a la faja de rocas máficas y ultramáficas de las Sierras Pampeanas de San Luis. Tesis Doctoral, UNS, 260pp. Inédito.
- Ferracutti, G. y Bjerg, E. A., 2002. Platinoideos en el yacimiento Las Águilas, San Luis, Argentina. Actas 6º Congreso de Mineralogía y Metalogenia. Mineralogía y Metalogenia 2002 (Eds. M. K. de Brodtkorb, M. Koukharsky, P. R. Leal), FCEN, UBA: 135-138. Buenos Aires.
- Ferracutti, G., Bjerg, E. y Mogessie, A. 2007. Metales base y preciosos en Las Águilas, Sierra de San Luis: mineralogía, génesis y evolución. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 62 (3): 434-446.
- Franchini, M., de Barrio, R. E., Ríos, F.J., Schalamuk, I.B., Lanfrachini, M. y Pons, M., L., 2005. Petrología, química mineral y paragénesis del depósito Hierro Indio. Guías para la exploración de skarns de Fe. Actas 16º Congreso Geológico Argentino, CD-ROM.
- Franchini, M., de Barrio, R. E., Schalamuk, I., Ríos, F., Pons, M. y Meinert, L., 2006. El prospecto de Cu (Ag) Las Choicas (34°54'55"S-70°16'40"O), un modelo de mineralización tipo IOCG en la Cordillera Principal del SO de Mendoza. Actas 8º Congreso de Mineralogía y Metalogenia: 259-264. Buenos Aires.
- Franchini, M., de Barrio, R. E., Pons, M.J., Schalamuk, I.B., Ríos, F.J. and Meinert, L., 2007. Fe Skarn, Iron Oxide Cu-Au, and Manto Cu-(Ag) deposits in the Andes Cordillera of southwest Mendoza province (34°-36°S), Argentina. Exploration and Mining Geology, 16(3-4):233-265.
- Gargiulo, M.F. y Bjerg, E.A., 2006. Petrografía y geoquímica de rocas máficas y ultramáficas de Cordillera Frontal, Mendoza. Actas 8º Congreso de Mineralogía y Metalogenia, FCEN, UBA: 351-358. Buenos Aires.
- Garavilla, R., 1984. Mina La Providencia, Jujuy. Subdirección de Desarrollo Minero. Departamento de Geología y Minería. Dirección General de Fabricaciones Militares. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Gelós, E. M., 1977. Metamorfismo de contacto en el Yacimiento Sur de Sierra Grande, provincia de Río Negro. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 32 (2): 99-110.
- Gemmell, J. B., Zantop, H. y Meinert, L. D., 1992. Genesis of the Aguilar zinc-lead-silver deposit, Argentina: contact metasomatic vs, sedimentary exhalative. Economic Geology, 87 (8): 2085-2112.
- Genini, A. D., 1988. Cerro Vanguardia. Provincia de Santa Cruz. Nuevo prospecto auroargentífero. Actas 3º Congreso Argentino de Geología Económica, 3: 97-110.
- Gervilla, F., Sabalúa, Carrillo, R. J., Fenoll Hach-Alí, P. y Acevedo, R. D., 1993. Mineralogy and mineral chemistry of the Las Águilas Ni-Cu deposit (province of San Luis, Argentina). En: Current research in geology applied to ore deposits (Eds. P. Fenoll Hach-Alí, J. Torres-Ruiz, F. Gervilla), Universidad de Granada: 461-464. Canada.
- Gervilla, F., Fenoll Hach-Alí, P., Acevedo, R. D., Carrillo, R. y Sabalúa, J., 1994. Minerales de Pd, Pt y Au del yacimiento de Ni-Cu de Las Águilas (provincia de San Luis). Actas 2º Reunión de Mioneralogía y Metalogenia. 2º Jornada de Mineralogía, Petrografía y Metalogenia de Rocas Ultrabásicas. INREMI, UNLP, Publicación 3: 517-521. La Plata.
- Gervilla, F., Sanchez-Anguaita, A., Acevedo, R. D., Fenoll Hach-Alí, P. y Paniagua, A., 1997. Platinum-group element sulpharsenides and Pd bismuthotellurides in the metamorphosed Ni-Cu deposit at Las Águilas (province of San Luis, Argentina). Mineralogical Magazine, 61: 861-877.
- Goddart, P., Wilson, J. J., Couch, S. y Viramonte, J., 1999. The evolution of El Quevar volcanic complex, Salta province, Argentina. Actas 14º Congreso Geológico Argentino, 2: 225-227. Salta.
- Godeas, M. C. y Segal de Svetliza, S. S. de, 1980. Alteración hidrotermal y mineralización en el Bajo de la Alumbrera, provincia de Catamarca. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 35 (3): 318-331.
- Godeas, M., Cardó, R. y Segal, S., 2009. Depósitos de tipo skarn (Zn-Pb-Ag) en la sierra de la Huerta, San Juan. Actas 9º Congreso Argentino de Geología Económica: 127-130.
- Gómez, M. C., 1997. Mineralogía y génesis del yacimiento de wolframio Mina San Martín, dpto. Valcheta, provincia de Río Negro. Tesis doctoral UNS, 129 pp. Inédito. Bahía Blanca
- Gómez, C. y Aliotta, G., 2000. Características mineralógicas y composicionales de la wolframita de mina San Martín, distrito de Valcheta, provincia de Río Negro. Actas 5º Congreso de Mineralogía y Metalogenia. Mineralogía y Metalogenia 2000 (Eds. I. Schalamuk, M. K. de Brodtkorb, P. Caffé), INREMI. UNLP. Publicación 7: 157-166. La Plata.
- González, O. E., 1975. Geología y alteración en el cobre porfídico "Bajo de la Alumbrera", República Argentina. Actas 2º Congreso Ibero Americano de Geología Económica, 2: 247-270.
- González Amorín, R., 1953. Informe sobre la Mina La Colorada, provincia de Salta. Dirección General de Fabricaciones Militares. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- González Guillot, M., de Barrio, R. y Ganem, F., 2004. Mina Martha: un yacimiento epitermal argentífero en el Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz. Actas 7º Congreso de Mineralogía y Metalogenia, UNRC: 199-204. Río Cuarto. Córdoba.

- Gonzalez Stegemann, E. M., 1949. Exploración Salamanca-Barrera, departamento Tupungato, provincia de Mendoza. Dirección General de Fabricaciones Militares. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Gozalvez, M., 2009. Caracterización del plutón San Martín y las mineralizaciones de wolframio asociadas, departamento Valcheta, provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 64(3): 409-425.
- Gozalvez, M. R., Herrmann, C., Segal, S., Crosta, S. y Romano, A. L., 2008. Avances en el conocimiento de la mineralización del depósito Gonzalito, provincia de Río Negro, Argentina. *Actas 9º Congreso de Mineralogía y Metalogenia*: 129-132.
- Gregori, D. A. y Bjerg, E., 1997. New evidence in the nature of the Frontal Cordillera Ophiolite Belt-Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 10 (2): 147-155.
- Gregori, D. A., Ruvíños, M. A. y Bjerg, E. A., 1997. Las metamorfitas del basamento de la Cordillera Frontal, entre el Río de las Tunas y el arroyo Barraquero, provincia de Mendoza. *Actas 8º Congreso Geológico Chileno*, 2: 1295-1299. Antofagasta.
- Grissom, G., DeBari, S. M., Page, S., Page, R., Villar, L., Coleman, R. G. y Ramírez, M., 1992. The deep crust of an early paleozoic arc, the Sierra de Fiambalá, NW Argentina. *Andean Magmatism and its Tectonic Setting*. Geological Society of America, Special Paper, 265: 189-200.
- Guerrero, M. A., 1969a. Informe del distrito minero Los Llanenes, depto. Gral. Sarmiento, La Rioja. Servicio Minero Nacional. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Guerrero, M. A., 1969b. Estudio geológico-económico y prospección geoquímica orientativa del Distrito minero Cerro Cacho- Sierra de Umango. Dirección Nacional de Geología y Minería. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Guido, D. M., Jovic, S. M., Echeveste, H., Tessone, M. O., Ramayo Cortes, L. y Schalamuk, I. B., 2009. Descubrimiento y modelización de clavos mineralizados en vetas polimetálicas a partir de exploración geoelectrónica, proyecto Pingüino, Macizo del Deseado. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 64 (3): 383-390.
- Harrington, H., 1944. Los yacimientos de antimonio de la Quebrada de La Cébila. CIPSA. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Haggan, T., Parnell, J. y Cesaretti, N., 2002. Cerro Hue-mul: bitumen-hosted, sandstone-type U-Cu deposit, western Argentina. *Actas 6º Congreso de Mineralogía y Metalogenia*. Mineralogía y Metalogenia 2002 (Eds. M. K. de Brodtkorb, M. Koukharsky, P. R. Leal), FCEN, UBA. Trabajo invitado: 1-9. Buenos Aires.
- Hauzenberger, Ch., Mogessie, A., Hoinkes, G., Bjerg, E. A., Kostadinoff, J., Delpino, S. y Dimieri, L., 1997. Platinum group minerals in the basic to ultrabasic complex of the Sierras de San Luis, Argentine. En: *Mineral Deposits: Research and Exploration-Where do they meet?* (Ed. H. Papunen) A.A. Balkema Publishers: 439-442. Brookfield.
- Hedenquist, J.W., Arribas, A. Jr., Urien-Gonzalez, E., 2000. Exploration for epithermal gold deposits. En: *Gold in 2000* (Ed. S. G. Hagemann, P. E. Brown), Society of Economic Geologists, Reviews in Economic Geology, 13: 245-277.
- Herrera, A., 1948. La cuenca ferrífera de Sierra Grande, Territorio Nacional de Río Negro. Banco de Crédito Industrial Argentino. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Herrero, J. C., Viera, R., Zubia, M., Bagalciaga, R., Hughes, G. y Deus, L., 1986. Formulación del proyecto Huemules, Oro y Plata, departamento Futaleufú, provincia del Chubut, República Argentina. Dirección Nacional de Minería y Geología. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Jones, P., Martinez, R., Vitallier, A., Chavez, I., Carrizo, M., La Motte, M. y Riveros, S., 1999. El depósito epitermal aurífero Veladero, San Juan. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1673-1684. Buenos Aires.
- Jovic, S. M., Guido, D. M., Schalamuk, I. B., Melgarejo, J.C. y Proenza, J., 2005. Mineralogía de veta Ivonne, depósito Cerro León: ¿Paragénesis de alta temperatura en la provincia auroargentífera del Deseado?. *Actas 16º Congreso Geológico Argentino*: 257-262. La Plata.
- Jovic, S. M., Liñan, P., Guido, D., Páez, G., Rui, R. y Schalamuk, I. B., 2009. Metals distribution and correlations in polymetallic veins from Pingüino indium-bearing deposit, Deseado Massif, Patagonia, Argentina. *Proceedings of the 24º IAGS*: 169-172.
- Jovic, S. M., Guido, D. M., Del Blanco, M., Bodaño, M., Lorenti Borda, M., Jovic, N. y Schalamuk, I. B., 2010. Caracterización mineralógica de las vetas del depósito polimetálico Pingüino, Macizo del Deseado. *Actas 10º Congreso de Mineralogía y Metalogenia*, UNRC: 93-96. Córdoba.
- Koukharsky, M. y Mirré, J.C., 1976. Mi Vida prospect: a porphyry copper-type deposit in northwestern Argentina. *Economic Geology*, 71 (5). 849-863.
- Lavandaio, E., 1968. Distrito Grafítico de Villa Unión. Dirección Nacional de Minería y Geología. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Lavandio, E., 1969. Depósitos de antimonio de la Quebrada de la Cébila. Dirección Nacional de Minería y Geología. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Lavandio, E., 1971. Distrito Minero Quebrada de la Cébila. *Actas 1º Simposio Nacional de Geología Económica*, 2: 285-296.
- Lavandaio, E., 1984. Génesis, Características y Pautas para la prospección de grafito en Villa Unión, provincia de La Rioja. *Actas 9º Congreso Geológico Argentino*, 5: 381-389.
- Lavandaio, E., 1999a. Depósitos de grafito de Villa Unión. En: *Recursos Minerales de la República Argentina*

- (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 155-162. Buenos Aires.
- Lavandaio, E., 1999b. Depósitos de antimonio de la Quebrada de la Cébila. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 337-343. Buenos Aires.
- Leanza, H. A., M. K. de Brodtkorb y Danieli, J. C., 1990. La Formación Chachil (Liásico) y sus niveles manganesíferos en el área del cerro La Atravesada, provincia del Neuquén, Argentina. Actas 3º Congreso Nacional de Geología Económica, 3 A: 171-186. Olavarría.
- Lefebure, D. V. y Ray, G. E., 1995. Selected British Columbia Mineral Deposit Profiles: Volume 1, Metallics and Coal. British Columbia Geological Survey Branch, Open File 1995-20.
- Lefebure, D. V. y Hoy, T., 1996. Selected British Columbia Mineral Deposit Profiles: Volume 2, Metallic Deposits. British Columbia Geological Survey Branch, Open File 1996-13.
- Lencinas, A. y Tonel, M., 1993. La brecha sur del yacimiento de cobre porfírico de Pachón, San Juan, República Argentina. Actas 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 5: 241-247. Mendoza.
- Lhotka, P., Kain, S. y Patterson, K., 2005. Proyecto Navidad- Importante y Novedoso estilo de mineralización jurásica de plata y plomo en Patagonia (Chubut, Argentina). Actas 16º Congreso Geológico Argentino, 2: 361-368. La Plata.
- Linares, E., 1956. El yacimiento Cerro Huemul, Malargüe, provincia de Mendoza. Tesis Doctoral UBA. Inédito. Buenos Aires.
- Linares, E., 1966. Geología isotópica del yacimiento Huemul, provincia de Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 21 (3): 181-189.
- Lizarraga, A., 1981. Minerales de plata y cobre en un conglomerado cuartario del departamento de Susques, provincia de Jujuy. Actas 8º Congreso Geológico Argentino, 2: 739-753.
- Llambías, E. J. y Malvicini, L., 1969. The geology and genesis of the Bi-Cu mineralized breccia-pipe, San Francisco de los Andes, San Juan, Mendoza. Economic Geology, 64: 271-286.
- Llambías, E., Sato, A. M. y Tomsic, S. G., 1985. Geología y características químicas del stock terciario del Nevado de Acay y vulcanitas asociadas. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 40 (3-4): 158-175.
- Logan, A. V., 1999. Distritos auríferos de Gualilán y Gualcamayo, San Juan. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E.O.Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1525-1534. Buenos Aires.
- Losada Calderón, A. y Bloom, M. S., 1990. Geology, paragenesis and fluid inclusion Studies of a high sulphidation epithermal/porphyry system, Nevados de Famatina district, La Rioja province, Argentina. Pacific Rim 90 Congress: 457-464.
- Losada Calderón, A. y McPhail, D. C., 1996. Porphyry and high-sulphidation epithermal mineralization in the Nevados de Famatina Mining District, Argentina. En: Andean Copper Deposits: new discoveries, mineralization, styles and metallogeny (Eds. F. Camus, R. Sillitoe, R. Petersen). Society of Economic Geologists, Special Publication, 5: 91-117.
- Losada Calderón, A., Mc Bride, S. L. y Bloom, M. S., 1994. The geology and $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of magmatic activity and related mineralization in the Nevados del Famatina Mining district, La Rioja province, Argentina. Journal of South America Earth Sciences, 7 (1): 9-24.
- Lurgo, C. y Zappettini, E. O., 1990. Proyecto Mina La Colorada, Cobres, departamento La Poma, provincia de Salta. Dirección General de Fabricaciones Militares. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Lurgo Mayón, C. S., 1999. Los depósitos ferríferos lateríticos de Misiones. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 973-975. Buenos Aires.
- Lurgo Mayón, C., Segal, S. y Zappettini, E. O. 1999. El yacimiento de sulfuros masivos La Colorada, Salta. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 487-492. Buenos Aires.
- Malvicini, L., 1966. Mineralogía y génesis del yacimiento de Sn y Ag Mina "Pirquitas". Tesis doctoral UBA. Inédito. Buenos Aires.
- Malvicini, L., 1978. Las vetas de estaño y palta de minas Pirquitas (Pircas), provincia de Jujuy, República Argentina. Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología, 9 (1-2): 1-25.
- Malvicini, L., 1984. La mina de hierro del nevado de Acay, provincia de Salta, un depósito tipo skarn. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 40 (1-2): 89-96.
- Malvicini, L., 1999. El yacimiento polimetálico San Francisco de los Andes, San Juan. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E.O.Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 835-837. Buenos Aires.
- Malvicini, L. y Brogioni, N. 1992. El depósito hidrotermal de Ni, Cu y metales del "grupo del platino", Las Águilas Este, provincia de San Luis. Actas 5º Congreso Nacional y 1º Congreso Latinoamericano de Geología Económica: 93-102. Córdoba.
- Malvicini, L. y Brogioni, N. 1993. Petrología y génesis del yacimiento de sulfuros de Ni, Cu y platinoideos Las Águilas Este, provincia de San Luis. Revista de la Asociación Geológica Argentina 48 (1): 3-20.
- Malvicini, L. y Brogioni, N. 1996. Las Águilas Este Deposit: shear zone hosted hydrothermal Cu-Ni sulfide and platinum-group elements mineralization in the mafic-ultramafic complex of San Luis Range, Argentina. Geology and Ore Deposits of the American Cordillera, Symposium proceedings: 1475-1485.
- Malvicini, L. y Saulnier, M.E., 1987. Texturas de depósitos minerales. Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología, Serie Didáctica nº 3.

- Marcos, O. y Nieto, M., 1968. Informe La Mejicana. Plan Cordillera Norte. Instituto Nacional de Geología y Minería. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Marcos, O. y Zanettini, J. C., 1981. Geología y exploración del proyecto Nevados del Famatina. Servicio Minero Nacional. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Marcos, O., Segal, S., De la Cruz Carrizo, R. y Pinto, A., 2001. Modelos de depósitos minerales en las Sierras de Umango-Cerro Cacho, Precordillera, Famatina, La Rioja, Argentina. Actas 10º Congreso Latinoamericano de Geología y 3º Congreso Uruguayo. CD-ROM. Montevideo, Uruguay.
- Márquez, M.J., 1999. Los sistemas hidrotermales del distrito Los Manantiales, Chubut. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1167-1175. Buenos Aires.
- Márquez, M. J., 2009. El volcanismo extensional liásico, sus domos riolíticos y las mineralizaciones epitermales auroargentíferas del Cordón Esquel, Precordillera Patagónica, Chubut, Argentina. Actas 9º Congreso Argentino de Geología Económica: 93-98.
- Márquez, M. y Zubia, M., 2008. Proyecto Navidad: mineralización argentoplumbífera singenética o epigenética?, Gastre, Chubut, Argentina. Actas 17º Congreso Geológico Argentino, 2: 620-621.
- Márquez-Zavalía, M.F., 1988. Mineralogía y génesis del yacimiento Capillitas (Catamarca, República Argentina). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad nacional de Salta. Inédito.
- Márquez-Zavalía, M.F., 1995. Texturas y sucesión paragenética de las asociaciones minerales del yacimiento Capillitas, provincia de Catamarca. Actas 5º Congreso Nacional de Geología Económica: 361-368. San Juan.
- Márquez-Zavalía, M.F. 1999. El Yacimiento Capillitas, Catamarca. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1643-1652. Buenos Aires.
- Marquina, E., 2008. Mineralización tipo SEDEX en Mina Aguilar. En: Geología y Recursos Naturales de la provincia de Jujuy. Relatorio del 17º Congreso Geológico Argentino (Eds. B. Coira, E. O. Zappettini), AGA: 178-184.
- Martín, J. L., 1989. Estudio geológico en los depósitos metalíferos de la Sierra del Aguilar, departamento Humahuaca, provincia de Jujuy, Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Salta. Inédito. 242 pp. Salta.
- Martín, J. L., Flores, F. J. y Sureda, R. J., 1994. Investigación geoquímica en un yacimiento SEDEX del Ordovícico Inferior: Mina el Aguilar, Jujuy, Argentina (23º 12' S). Revista Geológica de Chile, 21 (1): 71-90.
- Martínez, R. D., 2000. The Veladero breccia system: a significant gold Discovery in Argentina. Argentina Mining Mendoza. Engineering and Mining Journal and Latino Minería.
- Mogessie, A., Hoinkes, G., Stumpfl, E. F., Bjerg, E. A. y Kostadinoff, J., 1995. Occurrence of platinum group minerals in the Las Águilas ultramafic unit within a granulite facies basement, San Luis province, central Argentina. En: Mineral Deposits: from their origin to their environmental impact (Eds. J. Pasava, B. Kribek, K. Zak). A.A. Balkema Publishers: 897-900. Brookfield.
- Mogessie, A., Hauzenberger, Ch., Hoinkes, G., Felfernig, A., Stumpfl, E. F., Bjerg, E. A. y Kostadinoff, J., 2000. Genesis of platinum-group in the Las Águilas mafic-ultramafic rocks, San Luis province, Argentina: textural, chemical and mineralogical evidence. Mineralogy and Petrology, 68: 85-114.
- Mogessie, A., Gallien, F., Bernhard, Bauer, C., Castro de Machuca, B., Meissl, E., Bjerg, E. y Delpino, S., 2009. Greenockite and associated sulfide mineralization from the Caledonia Group Mines, Blanca Creek, La Huerta Range, San Juan province, Argentina. The Canadian Mineralogist, 47:12-141,
- Mutti, D., 1987. Estudio geológico del complejo gabro-peridotítico del área del Bosque Alegre. Tesis doctoral, FCEN, UBA, 398pp. Inédito. Buenos Aires.
- Mutti, D., 1992. Las rocas ultrabásicas-básicas de la provincia de Córdoba: interpretaciones geoquímicas e implicaciones geotectónicas. 1º Reunión de Mineralogía y Metalogénesis y 1º Jornada de Mineralogía, Petrografía y Metalogénesis de Rocas Ultrabásicas. INREMI, UNLP: 411-432. La Plata.
- Mutti, D., 1994a. Origen de los depósitos de cromita de las Sierras de Córdoba, Argentina. Actas 2º Congreso Cubano de Geología y Minería: 265-274.
- Mutti, D., 1994b. Los cromoespinelos del centro-sur de las Sierras de Córdoba, Argentina. Actas 2º Reunión de Mineralogía y metalogenia y 2º Jornadas de Mineralogía, Petrografía y Metalogénesis de Rocas Ultrabásicas. INREMI, UNLP, Publicación 3: 545-570. La Plata.
- Mutti, D., 1997. La secuencia ofiolítica basal desmembrada de las Sierras de Córdoba. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 52: 209-218.
- Mutti, D., 1999. Depósitos de cromitas de Córdoba. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 193-205, Buenos Aires.
- Mutti, D. y Di Marco, A., 1992. Asociación serpentinita-anfibolita, unidades cogenéticas de las fajas ultrabásicas oriental y central de Córdoba. 1º Reunión de Mineralogía y Metalogenia y 1º Jornada de Mineralogía, Petrografía y Metalogénesis de Rocas Ultrabásicas. INREMI, UNLP: 443-456. La Plata.
- Miró, R. C., 1999. Los depósitos auríferos de Candelaria y San Ignacio, Córdoba. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 647-653, Buenos Aires.
- Navarro, H., 1960. Geología general y económica del Distrito Minero Valcheta, Río Negro. Dirección General de Fabricaciones Militares. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires

- Navarro, H., 1985. Geología general del Pórfiro de Cobre-Molibdeno "Mi Vida". Revista de la Asociación de Geólogos Economistas, 3: 20-35.
- Olsacher, J., Galloni, E. E. y Serricchio, J., 1960. Seleniuros de mercurio con azufre, plomo, hierro y cobre, Cuesta de Los Llantenes, provincia de La Rioja. Revista de la Facultad de Cs. Exactas, Físicas y Naturales, UNC, 21 (5-69): 5-26. Córdoba.
- Paar, W. y Brodtkorb, M. K. de, 1996. Presencia de cervelita y hessita en la galena del yacimiento San Martín, Valcheta, provincia de Río Negro. Actas 3º Reunión de Mineralogía y Metalogenia y 3º Jornadas de Mineralogía, Petrografía y Metalogénesis de Rocas Ultrabásicas. INREMI, UNLP, Publicación 5: 173-175. La Plata.
- Paar, W. H. y Topa, D., 2004. Jaguélite, $\text{Cu}_2\text{Pd}_3\text{Se}_4$, a new mineral species from El Chire, La Rioja, Argentina. The Canadian Mineralogist, 42: 1745-1755.
- Paar, W.H., Brodtkorb, M. K. de, Topa, D. and Sureda, R.J., 1996a. Caracterización mineralógica y química de algunas especies metalíferas del yacimiento Pirquitas, provincia de Jujuy, República Argentina. Parte 1. Actas 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 3: 141-158. Buenos Aires.
- Paar, W. H., Sureda, R. J. y Brodtkorb, M. K. de, 1996b. Mineralogía de los yacimientos de selenio en La Rioja, Argentina. Krutaita, tyrrellita y trogtalita de Los Llantenes. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 51 (4): 304-312.
- Paar, W. H., Sureda, R. J. y Brodtkorb, M. K. de, 1996c. Oro y plata en los yacimientos de selenio de La Rioja, Argentina. Hallazgo de fischesserita, Ag_3AuSe_2 . 3º Reunión de Mineralogía y Metalogenia y 3º Jornadas de Mineralogía, Petrografía y Metalogénesis de Rocas Ultrabásicas. INREMI, UNLP, Publicación nº 5: 177-185. La Plata.
- Paar, W. H., Brodtkorb, M. K. de, Topa, D. and Ametrano, S., 1997. Cu-Au veins of La Mejicana ore district, Argentina. Mineralogical aspects. En: Mineral Deposits: Research and exploration, where do they meet? (Ed. H. Papunen). A. A. Balkema: 273-276. Brookfield.
- Paar, W. H., Topa, D., Brodtkorb, M.K. de y Sureda, R.J., 2000a. Gladita $\text{PbCuBi}_5\text{S}_9$, Hoderushita $\text{Cu}_8\text{Bi}_{12}\text{S}_{22}$, Kawazulita Bi_2SeTe_2 , Krupkaita $\text{PbCuBi}_3\text{S}_6$, Kuramita Cu_3SnS_4 , Mohita Cu_2SnS_3 , Vinciennita $\text{Cu}_{10}\text{Fe}_4\text{Sn}(\text{As,Sb})\text{S}_{16}$, nuevos minerales en la veta polimetálica de Julio Verne, Salta. Actas 5º Congreso de Mineralogía y Metalogenia. Mineralogía y Metalogenia 2000. INREMI, UNLP, Publicación 6: 374-380. La Plata.
- Paar, W. H. Miletich, R., Topa, D., Criddle, A. J., Brodtkorb, M. K. de, Amthauer, G. and Tippelt, G., 2000b. Suredaite PbSnS_3 , a new mineral species, from the Pirquitas Ag-Sn deposit, NW Argentina, Mineralogy and crystal structure. American Mineralogist, 85 (7-8):1066-1075.
- Paar, W. H., Brodtkorb, M. K. de, Sureda, R. J. y Topa, D., 2001. Mineralogía y quimismo de sulfuros y sulfosales de estaño y plomo en las vetas de Mina Pirquitas, Jujuy, Argentina (22°41'S-66°28'W). Revista Geológica de Chile, 28 (2):259-268.
- Paar, W. H. y Topa, D., Roberts, A., Criddle, A., Amann, G. y Sureda, R.J., 2002. The new mineral species brotkorbite, Cu_2HgSe_2 , and the associated selenide assemblage from Tuminico, sierra de Cacho, La Rioja, Argentina. The Canadian Mineralogist, 40: 225-237.
- Paar, W.H., Putz, H., Sureda, R.J., y Brodtkorb, M.K. de, 2008. Nuevo mineral en Mina Pirquitas, departamento Rinconada, provincia de Jujuy: coiraíta, $(\text{Pb,Sn})_{12,5}\text{As}_3\text{FeSn}_5\text{S}_{28}$ - una especie arsenical afín con franckeíta. Actas 17º Congreso Geológico Argentino, 2: 659-660.
- Page, S., Page, R.F.N. y Viruel de Ramirez, M., 1992. El basamento de la Sierra de Fiambalá, provincia de Catamarca. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 47 (4): 373-388.
- Pelichotti, R., 1976. Estudio y proyecto de exploración del distrito minero Gualilán. Servicio Minero Nacional. Biblioteca SEGEMAR.
- Peral, A. P. y Wormald, P.J., 1999. Mineralización cuprífera del área Juramento, Salta. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 951-957. Buenos Aires.
- Peralta, C. y Sureda, R., 1992. Mina La Providencia, un yacimiento argentífero en la Puna de Jujuy, Argentina. Actas 4º Congreso Nacional y 1º Congreso Latinoamericano de Geología Económica: 116-125. Córdoba.
- Pieters, P. y Skirrow, R., 1997. Informe geológico y metalogénico de las sierras de Chepes, Ulapes y Las Minas, provincia de La Rioja. IGRM, SEGEMAR, Anales 26. 126 pp. Buenos Aires.
- Pirajno, F., 1992. Hydrothermal Mineral Deposits. Principles and Fundamental Concepts for the Exploration Geologist. Springer-Verlag. 703 pp.
- Pirajno, F., 2009. Hydrothermal Processes and Mineral Systems. Springer. 1250 pp.
- Proenza, J. A., Zaccarini, F., Cábana, M.C., Escayola, M., Schalamuk, I. B. y Garuti, G. 2005. Minerales del grupo del platino en las cromititas ofiolíticas de las Sierras Pampeanas de Córdoba (Argentina). Actas 16º Congreso Geológico Argentino, 2: 33-38. La Plata.
- Puglisi, C., Pina, J. P., Segal, S. y Villar, L. M. 1990. Mineralogía determinativa de cromitas y olivinas del gabro de Fiambalá, provincia de Catamarca, Argentina. Resúmenes Ampliados del 1º Congreso Uruguayo de Geología, 1: 185-190.
- Putz, H., 2005. Mineralogy and Genesis of Epithermal Ore Deposits at Capillitas, Catamarca Province, NW Argentina. Ph. D. Thesis, University of Salzburg, Inédito, 293 pp. Salzburgo.
- Putz, H. y Paar, W. H., 2003. Epithermal gold mineralization at Capillitas, Catamarca province, Argentina. Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft, 143: 259-260.

- Putz, H., Paar, W. H. y Topa, D., 2009. Aportes al conocimiento de la mineralización de mina Capillitas, Catamarca, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 64(3):514-524.
- Rabbia, O.M., Hernández, L. B., Demichelis, A. H. y Coniglio, J. E. 1993. Mineralogía de cromitas y óxidos asociados de las serpentinitas del extremo sur de las Sierras de Córdoba. *Actas del 12º Congreso Geológico Argentino y 2º Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, 5: 73-81. Mendoza.
- Ramaccioni, D. y Olsacher, J., 1962. Los yacimientos de minerales de mercurio y selenio de Cuesta de los Llantenes, provincia de La Rioja. *Actas 1º Jornadas Geológicas Argentinas*, 3: 295-305.
- Rigal, R., 1942. El yacimiento de magnetita de Hierro Indio y otros menores del departamento de San Rafael, provincia de Mendoza. *Boletín de la Dirección de Minas y Geología*, 52, 62pp. Biblioteca del SEGEMAR. Buenos Aires.
- Ríos Gomez, J., 1990. Evaluación geológica previa de la prospección y exploración del Distrito Minero "Cerro Negro", Sistema de Famatina, provincia de La Rioja. Dirección Nacional de Geología y Minería. Biblioteca SEGEMAR.
- Ríos Gomez, J., García Iglesias, J. y Loredó Perez, J., 1992. Características geológicas y mineralógicas del distrito Cerro Negro (La Rioja, Argentina). *Actas 2º Congreso Geológico de España y 8º Congreso Latinoamericano de Geología*, 4: 237-241.
- Riu, J. y Wleklinski, E., 1953. Informe sobre el yacimiento cuprífero de la mina Eureka, departamento Santa Catalina, provincia de Jujuy. Dirección General de Fabricaciones Militares. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Robl, K., 2003. Miozäne Ag-Pb Mineralization des El Quevar stratovulkan Komplex, Salta, argentinien. Tesis doctoral Universidad de Salzburgo. Inédito, 232 pp. Salzburgo.
- Robl, K., 2009. La mineralización epitermal miocena del complejo estratovolcánico Quevar, Salta. Parte 1: Geología y Petrología. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 64(3): 525-539.
- Robl, K., Brodtkorb, M. K. de y Ametrano, S., 2009. La mineralización epitermal miocena del complejo estratovolcánico Quevar, Salta. Parte 2: La mineralización. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 64(3): 525-539.
- Roco, R. y Koukharsky M., 1999. El pórfiro cupromolibdenífero Agua Rica y las manifestaciones epitermales asociadas, Catamarca. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1479-1492. Buenos Aires.
- Rojas, G.E., 1999. Distrito uranífero Pampa Amarilla, Mendoza. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1135-1140. Buenos Aires.
- Rodríguez, J., 1981. Estudio geológico económico con aplicación de criterios estadísticos del yacimiento de minerales de cobre Martín Bronce, departamento Santa Bárbara, provincia de Jujuy. *Revista del Instituto de Ciencias Geológicas de la Universidad Nacional de Jujuy*, 4. Jujuy.
- Rosello, E. A., 1989. Evolución genética del oro exógeno de Cañada Honda, provincia de San Luis, Argentina. *Memoria de la Universidad Central del Ecuador* (Quito): 45-55. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 22 (3): 296-303.
- Rosello, E. A. y Barbosa, C. E., 1988. Tantalatos y otros minerales detríticos con interés económico en el aluvión aurífero de Cañada Honda, San Luis.
- Rosello, E. A. y Castro, L., 1995. Consideraciones genéticas del oro detrítico de Cañada Honda, Carolina, San Luis, Argentina. *Actas 5º Congreso Nacional de Geología Económica*, 1: 95-108.
- Rubinstein, N. y Zappettini, E. O., 1990. El cenozoico del sector sudoriental de la sierra de Huantraico, provincia del Neuquén. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 45 (1-2): 120-128.
- Rubinstein, N., Segal, S. y Zappettini, E., 2000. El pórfiro cuprífero Taca-Taca Alto, provincia de Salta: nuevos aportes al conocimiento del yacimiento. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 55 (1-2): 125-128.
- Sabalúa, J., Chabert, M. y Santamaría, G., 1981. Mineralización de sulfuros de hierro, cobre y níquel, en el cuerpo básico de Las Águilas, provincia de San Luis. *Actas 8º Congreso Geológico Argentino*, 4: 497-507. San Luis.
- Sánchez-Anguila, A., Gervilla, F., Fenoll Hach-Alí, P. y Acevedo, R.D. 1995. Variaciones composicionales en cobalto pentlandita de la mina Salamanca, provincia de Mendoza. *Actas 5º Congreso Nacional de Geología Económica*: 78-81. San Juan.
- Sarudiansky, R., 1990. Informe final convenio entre la Provincia de La Rioja y Consejo Federal de Inversiones- Evaluación de Distritos Mineros de Sierras de las Minas-Ulapes y Sierra de Chepes. Dirección Provincial de Minería de La Rioja. Inédito.
- Schalamuk, I. y Curci, M. 1999. Concentraciones ferrotitaníferas de Cerro Cascabel y Cerro Rico, Sierra de Ancasti. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 305-308. Buenos Aires.
- Schalamuk, I. B. y Logan, M. A. V., 1994. Polymetallic Ag-Te bearing paragenesis of the Cerro Negro District, Famatina Range, La Rioja, Argentina. *Canadian Mineralogist*, 32: 657-670.
- Schalamuk, I. B. y Logan, M. A. V., 1999. Distrito argentífero Cerro Negro, La Rioja. En: *Recursos Minerales de la República Argentina* (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1665-1671. Buenos Aires.
- Schalamuk, I. B., Angelelli, V. y Palacios, T., 1977. Mineralización del distrito argentífero Cerro Negro (mina "Peregrina" y otras), Dpto. Chilecito, La Rioja. *Obra Cent. Museo La Plata*, 5: 103-118.
- Schalamuk, I. B., Dalla Salda, L., Angelelli, V., Fernandez, R. y Etcheverry, R., 1980. Mineralización y Petrología del área de las Cañadas; Dpto. El Alto, provincia de Catamarca. *Revista de la Asociación de Mineralogía, Petrología y Sedimentología*, 11 (3-4): 1-26.

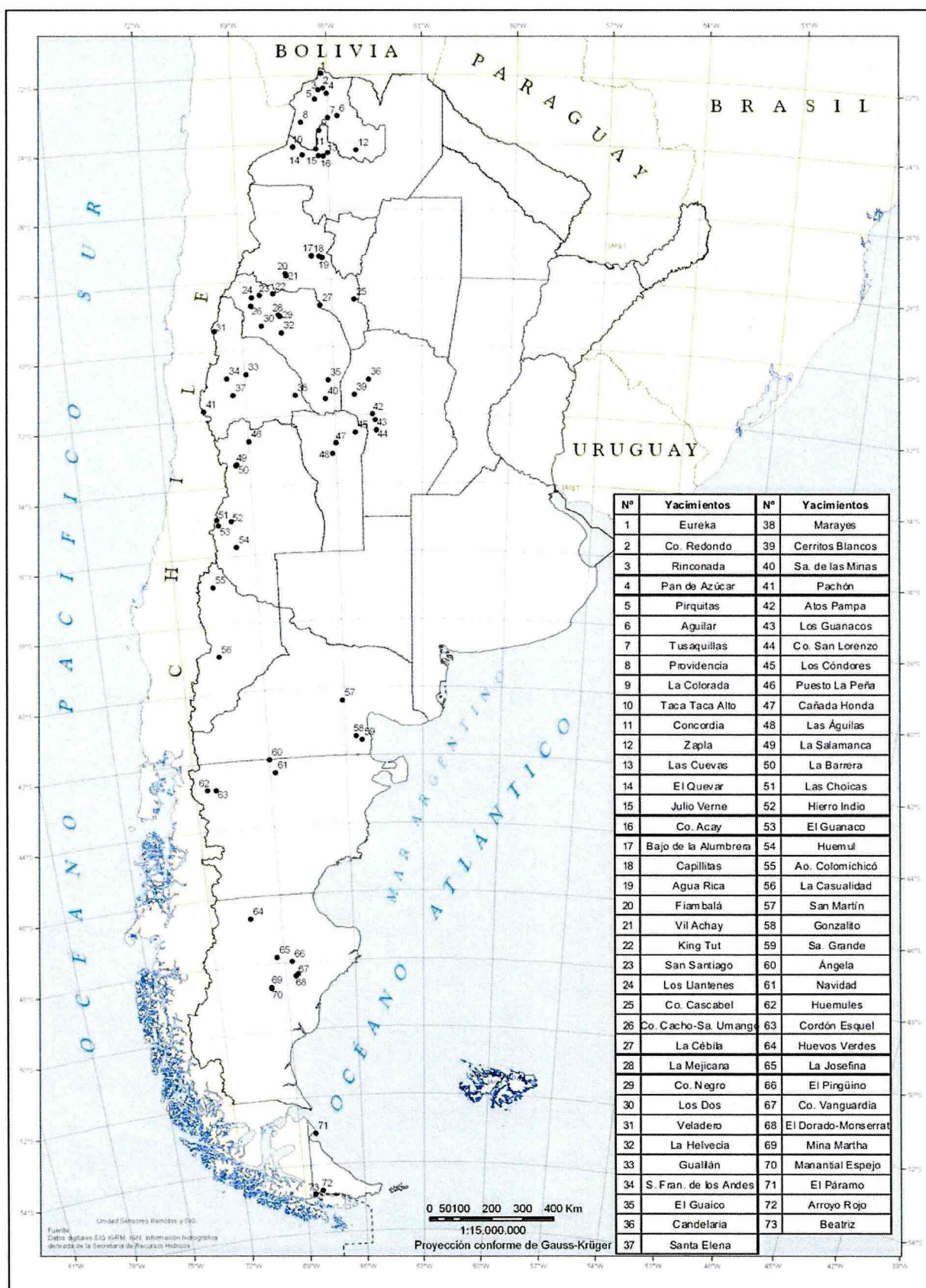
- Schalamuk, I. B., Etcheverry, R. O. y de Barrio, R. E., 1994. Asociación Au-Co-As-Ni de mina King Tut, provincia de La Rioja. Consideraciones geológicas y mineralógicas. 2º Reunión de Mineralogía y Metalogenia y 2º Jornadas de Mineralogía, Petrografía y Metalogénesis de Rocas Ultrabásicas. INREMI, UNLP, Publicación nº 3: 391-401. La Plata.
- Schalamuk, I.B., de Barrio, R.E., Zubia, M.A., Genini, A. y Valvano, J., 2002. Mineralizaciones auro-argentíferas del Macizo del Deseado y su encuadre metalogénico. En: Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz. Relatorio del 15º Congreso Geológico Argentino (Ed. M. J. Haller), IV-2: 679-713.
- Segal de Svetliza, S. J., 1980. Estudio mineralógico y consideraciones genéticas del distrito minero "Pan de Azúcar", departamento Rinconada, provincia de Jujuy. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 35 (3): 375-400.
- Segal, S. J. 1999. Mina La Providencia, Jujuy. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1599-1601. Buenos Aires.
- Segal, S. J. y Caffé, P.J. 1999. El Grupo Minero Pan de Azúcar, Jujuy. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1579-1592. Buenos Aires.
- Segal, S. J., Zappettini, E. O. y Craig, J. R., 1997. Metalogénesis del oro de la Sierra de Rinconada, provincia de Jujuy. Serie de Contribuciones Técnicas, Recursos Minerales 2. IGRM, SEGEMAR.
- Sgrosso, O., 1949. Nota sobre los yacimientos de minerales de antimonio de la Quebrada de la Cébila. Revista Museo de La Plata, Geología, 4. La Plata.
- Sillitoe, R. H., Cooper, C., Sale, M., Soechting, W., Echavarría, D. y Gallardo, J. L., 2002. Discovery and geology of the Esquel low-sulfidation epithermal gold deposit, Patagonia, Argentina. Society of Economic Geologist. Special Publication, 9: 1-14.
- Soechting, W., 2001. Tectonic control of epithermal gold mineralization in the Cordon Esquel, Chubut. Actas 7º Congreso de Geología Económica, 2: 3-9. Salta.
- Sruoga, P., Rubinstein, N.A., Etcheverría M.P. y Kay, S., 2005. Volcanismo paleógeno y mineralización asociada en la Cordillera Principal de Mendoza, Argentina (35ºS). Actas 16º Congreso Geológico Argentino: 1: 703-708. La Plata.
- Sruoga, P., Rubinstein, N.A., Etcheverría M.P., Cegarra, M., Kay, S., Singer, B. y Lee, J., 2008. Estadío inicial del arco volcánico neógeno en la Cordillera Principal de Mendoza (35ºS). Revista de la Asociación Geológica Argentina 63 (3): 454-469.
- Sureda, R. J., 1978. Las vetas de plomo, plata y zinc del distrito minero "El Guaico" en la provincia de Córdoba, República Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 33 (4): 299-324.
- Sureda, R. J., 1992. Zinkenita, $Pb_6Sb_{14}S_{27}$, de la mina La Concordia, Salta, Argentina. 1º Reunión de Mineralogía y Metalogenia y 1º Jornadas de Mineralogía, Petrografía y Metalogénesis de Rocas Ultrabásicas. INREMI, UNLP, Publicación nº 2: 297-306. La Plata.
- Sureda, R. J., 1999. Los yacimientos SEDEX de plomo y zinc en la Sierra de Aguilar, Jujuy. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 459-485. Buenos Aires.
- Sureda, R. J. y Brito, J.R., 1992. Sartorita, $PbAs_2S_4$, en el prospecto polimetálico Cerro Redondo, Jujuy, Argentina. 1º Reunión de Mineralogía y Metalogenia y 1º Jornadas de Mineralogía, Petrografía y Metalogénesis de Rocas Ultrabásicas. INREMI, UNLP, Publicación Nº 2: 307-318. La Plata.
- Sureda, R. J. y Martin, J. L., 1990. Mina El Aguilar, Jujuy, Argentina: un depósito SEDEX ordovícico, con metamorfismo de contacto sobreimpuesto, en la Provincia Metalogénica Quiaqueña. Revista de la Asociación Argentina de Geólogos Economistas. Publicación Especial. Homenaje al 80º aniversario Prof. Ing. V. Angelelli, 1: 78-92.
- Sureda, R. J., Paar, W. y Brodtkorb, M. K. de, 1994. Aikinita, benjaminita, emplectita, matildita y tetradimita, en la paragénesis mineral bismutífera de la mina Julio Verne, provincia de Salta, Argentina. Actas 7º Congreso Geológico Chileno, 2: 1229-1233. Concepción. Chile.
- Sureda, R. J., Brodtkorb, M. K. de y Wiechowski, A., 2000. Mineralogía y caracterización química de sulfuros y sulfosales de plata, plomo y cobre en el distrito minero El Guaico, provincia de Córdoba, República Argentina. Revista del Instituto de Geología y Minería-UNJU, 13 (1-2): 17-31. Jujuy
- Tabacchi, M. H., 1953. Informe geológico-minero de las vetas Upulungos y San Pedro y consideraciones generales sobre el distrito minero La Mejicana. Dirección General de Fabricaciones Militares. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Taurà, D., Bengochea, L., Soler, A., Mas, G. y Cardellach, E., 2000. El skarn mineralizado en Zn-Cu(Au) de Hualilán (Provincia de San Juan, Argentina): datos preliminares. Cuadernos. Revista de Xeología Galega e do Hercínico Peninsular, 25: 321-325.
- Testa, F. J., Bengochea, A. L. y Mas, G. R., 2010. Primer registro de mineralización de Mo y hallazgo de sulfuros de Pb y Sb en el yacimiento de Bi-Cu-Au tipo breccia pipe San Francisco de los Andes, San Juan, Argentina. Actas 10º Congreso de Mineralogía y Metalogenia: 241-246. UNRC, Córdoba.
- Topa, D., Makovicky, E., Paar, W. y Brodtkorb, M., 2004. The crystal structure of Angelaite, $Cu_2AgPbBiS_4$, a new mineral species from Angela mine, Province of Chubut, Argentina. 32nd IGC – Florence.
- Vallone, M. A., 1991. Estudio geológico y metalogénico del distrito aurífero Gualilán y su relación con el distrito Gualcamayo, provincia de San Juan. Tesis Doctoral, UNLP. 261 pp. Inédito. La Plata.
- Vallone Logan, M. A., Brodtkorb, M. K. de y Schalamuk, I. B., 1991. Gualilán, a zinc-lead (-gold) skarn deposit in the Precordillera of San Juan, Argentina. Geological Society of America. Abstracts with Programs, 23: A466.

- Valvano, J., 1953. Los yacimientos de hierro "Sierra Grande". Dirección Nacional de Geología y Minería. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Varese, F. y Navarro, H.B., 1949. Distrito minero Capillitas. Informe geológico-minero. Dirección General de Fabricaciones Militares. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Viera, R. L. M. y Hughes, G., 1999. El yacimiento polimetálico aurífero Huemules, Chubut. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1369-1376. Buenos Aires.
- Viera, R., Herrero, J. C. y Hughes, G., 1988. Geología-Reservas y Modelo teórico de estructuras mineralizadas del Yacimiento de Oro Huemules, provincia del Chubut. Actas 3º Congreso Argentino de Geología Económica, 2: 517-545.
- Villar, L. M., 1969. El complejo ultrabásico de Novillo Muerto en la Cordillera Frontal de Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 24 (3): 223-238.
- Villar, L. M., 1970. Petrogénesis del Complejo Ultramáfico de Novillo Muerto. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 25 (1):87-99.
- Villar, L. M., 1985. Las fajas ultrabásicas argentinas, tipo de ultrabasitas, metalogenia. Actas 4º Congreso Geológico Chileno: 610-633.
- Villar, L. M., 2008. Mineralogía y petrología de algunos complejos ultramáficos de Cordillera Frontal de Mendoza. Significado tectónico. Actas 17º Congreso Geológico Argentino, 2: 693-694.
- Villar, L. M. y Donnari, E. I., 1989a. Asociación peridotita-gabro estratificado de la sección septentrional de la faja ultramáfica de la Cordillera Frontal de Mendoza. Reunión de Geotranssectas de América del Sur: 45-49.
- Villar, L. M. y Donnari, E. I., 1989b. Geología y metalogénesis del complejo máfico-ultramáfico de Los Gateados, departamento Tupungato, provincia de Mendoza. Actas 10º Congreso Geológico argentino, 3: 45-50.
- Villar, L. M. y Escayola, M. P., 1996. Metallogenetic aspects of ophiolites and other types of mafic and ultramafic complexes of Argentina. En: Geology and ore deposits of the American Cordillera. (Eds. A.R. Coyner, P.L. Fahey), Geological Society of Nevada Symposium Proceedings, 3: 1487-1499. Reno, Nevada, EEUU.
- Villar, L. M. y Escayola, M. P., 1999. Las rocas máficas MORB asociadas a la faja ultramáfica del Cordón del Portillo, Cordillera Frontal de Mendoza. Actas 14º Congreso Geológico Argentino, 2: 147-159.
- Villar, L. M. y Segal, S., 1988. Correlación geológica y metalogenética de las perforaciones realizadas en la asociación gábrico-sedimentaria de la Sierra de Fiambalá, provincia de Catamarca. Actas 7º Congreso Latinoamericano de Geología, 6: 139-153. Belem Pará, Brasil.
- Villar, L. M. y Segal, S.J. 1999. Mineralizaciones de cobre-níquel-cobalto y cromo en la Sierra de Fiamblá, Catamarca. En: recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E.O.Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales. SEGEMAR, Anales 35: 451-456, Buenos Aires.
- Villar, L. M. y Segal, S., 2007. Elementos del grupo del platino y sus minerales. Modelos de depósitos en la argentina y en el mundo. IGRM, SEGEMAR, Contribuciones técnicas nº 30, 41pp. Buenos Aires.
- Villar, L. M., Donnari, E. I. y Meyer, H.O., 1982. Reconsideraciones geológicas del complejo ultrabásico de Novillo Muerto y su mineralización asociada, Cordillera Frontal de Mendoza, Argentina. Actas 5º Congreso Latinoamericano de Geología, 2: 173-183.
- Villar, L. M., Segal, S. y Godeas, M.C., 1983. Mineralización y génesis de la faja ultrabásica y las metamorfitas de alto grado asociadas, Sierra de Fiambalá, provincia de Catamarca. Actas 1º Congreso Nacional de Geología Económica, I: 143-159.
- Villar, L. M., Segal, S., Puglisi, G. y Escayola, M., 1992. Grado industrial de las cromitas de Córdoba. Génesis tectonomagmática. Actas 4º Congreso Nacional y 1º Congreso Latinoamericano de Geología Económica, 1: 206-213.
- Villar, L. M., Segal, S. y Page, N., 1995. Las cromitas de la ofiolita de la Sierra Grande de Córdoba, Argentina. Actas 1º Congreso Geológico Cubano, 5pp.
- Villar, L. M., Segal, S. y Page, N., 1996. Los platinoideos del plutón gabroide de Fiambalá, provincia de Catamarca, Argentina. Actas 13º Congreso Geológico Argentino y 3º Congreso de Exploración de Hidrocarburos, 3: 189-200.
- Villar, L. M., Zappettini, E. O. y Hernández, L. 2002. Mineralogía del Complejo Alcalino Puesto La Peña, provincia de Mendoza, Argentina. Actas 6º Congreso de Mineralogía y Metalogenia. Mineralogía y Metalogenia 2002 (Eds. M. K. de Brodtkorb, M. Koukharsky, P. R. Leal), FCEN, UBA: 453-460. Buenos Aires.
- Wipperf, J., 1971. Investigaciones de yacimientos en las zonas de las viejas explotaciones auríferas en los departamentos de Santa Catalina y Rinconada, provincia de Jujuy. GAMA. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Wormald, P. J., 1998. The Juramento stratabound copper-silver deposit. Actas 7º Reunión Argentina de Sedimentología: 46-50. Salta.
- Wormald, P. J., 1999. Stratabound copper-silver mineralization at Juramento: Towards a model for exploration of the Salta Group Basin, Argentina. Actas 14º Congreso Geológico Argentino, 2: 402-405. Salta
- Zanettini, J. C. M., 1984. Prospección Mendoza Sur. Dirección General de Fabricaciones Militares. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Zanettini, J. C. M., 1981. La Formación Sierra Grande (provincia de Río Negro). Revista de la Asociación Geológica Argentina, 36 (2): 160-179.
- Zanettini, J. C. M., 1999a. El yacimiento ferrífero Hierro Indio, Mendoza. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1547-1552. Buenos Aires

- Zanettini, J. C. M., 1999b. Los depósitos ferríferos de Sierra Grande, Río Negro. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 745-762. Buenos Aires
- Zanettini, J. C. M. y Centeno, R., 1999. Cobre volcanogénico de la Formación Tordillo, Mendoza. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1023-1028. Buenos Aires.
- Zappettini, E. O., 1986. Informe sobre las manifestaciones ferríferas del Cerro Bayo, Sierra de Huantraico, provincia del Neuquén. Dirección General de Fabricaciones Militares. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Zappettini, E. O., 1989. Geología y metalogénesis de la región comprendida entre las localidades de Santa Ana y Cobres, provincias de Jujuy y Salta. República Argentina. UBA Tesis doctoral. Inédito. 180 pp. Buenos Aires.
- Zappettini, E. O., Lurgo, C. y Garavilla, R., 1991. Hallazgo de un sulfuro masivo en el Paleozoico del Noroeste de la República Argentina. El yacimiento polimetálico "La Colorada", Cobres, provincia de Salta. Revista de la Asociación Argentina de Geólogos Economistas, 8 (8): 37-41.
- Zappettini, E. O., 1999a. Clasificación de depósitos minerales de Argentina. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 75-103. Buenos Aires.
- Zappettini, E. O., 1999b. Yacimientos de wolframio de la Sierra de Tusaquillas, Jujuy. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 973-975. Buenos Aires.
- Zappettini, E. O., 1999c. El yacimiento de hierro Huantraico, Neuquén. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1751-1756. Buenos Aires.
- Zappettini, E. O. y Dalponte, M., 2009. Hallazgo de hierro bandeado en el basamento del sector noroccidental de la Cordillera del Viento, provincia del Neuquén: aspectos estratigráficos y metalogenéticos. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 64 (3):550-554.
- Zappettini, E. O. y Dalponte, M., 2010a. Geoquímica y mineralogía de ETR de los depósitos tipo BIF de la Cordillera del Viento, provincia del Neuquén. Actas 10º Congreso de Mineralogía y Metalogenia, UNRC: 251-256. Córdoba.
- Zappettini, E. O. y Dalponte, M., 2010b. Lower Jurassic Algoma-type BIF mineralization at Cordillera del Viento, NW Neuquén, Argentina. 13º Quadrennial IAGOD Symposium 2010 Proceedings: 278-279. Adelaide, Australia.
- Zappettini, E. O. y Segal, S.J., 1998. El depósito polimetálico La Colorada (Salta, Argentina): un cuerpo de sulfuros masivos de filiación SEDEX. Actas 10º Congreso Latinoamericano de Geología y 6º Congreso Nacional de Geología Económica, 3: 200-206.
- Zappettini, E.O. y Segal, S. J. 1999. Los Depósitos Auríferos Vetiformes de la Sierra de Rinconada, Jujuy. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 507-514. Buenos Aires
- Zappettini, E. O. y Segal, S. J., 1999. Depósitos aluviales auríferos de la Puna, Jujuy. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 947-949. Buenos Aires
- Zappettini, E. O., Villar, L., Segal, S., Celeda, A., Romano, A. y Acevedo, D., 2004. The origin of platinum in Tierra del Fuego: geological evidence. GeoSur2004: 129-132. Buenos Aires.
- Zappettini, E. O., Basei, M., Villar, L. y Teixeira, W., 2005. Edad de la facies malignita del Complejo alcalino Puesto La Peña, Mendoza, Argentina. Actas 16º Congreso Geológico Argentino, 1: 599-604.
- Zappettini, E. O.; Brodtkorb, M.; Bernhardt, H. J. y Villar, L. 2009. Los espinelos del Complejo Alcalino Puesto La Peña, provincia de Mendoza. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 64(3):544-549.
- Zappettini, E.O., Segal, S., Cozzi, G. y Dalponte, M., 2011. Una paragénesis de Mn inusual en el depósito volcanogénico La Casualidad, Cerro Atravesada, Sierra de Chachil, Neuquén. Actas 18º Congreso Geológico Argentino, CD, 2pp. En prensa.
- Zölner, W., 1951. Informe geológico económico del yacimiento ferríferos de Sierra Grande. Territorio Nacional de Río Negro. Dirección Nacional de Minería. Biblioteca SEGEMAR. Buenos Aires.
- Zubia, M. A., Godeas, M. y Ametrano, S., 1989. Área mina Beatriz, Territorio Nacional de Tierra del Fuego, República Argentina: una manifestación de metales de base estratoligada y singenética. En: Simposios sobre el Cretácico de América Latina IGCP 242 (Eds. M. Brodtkorb, I. Schalamuk): C15-C44.
- Zubia, M.A.; Genini, A.D. y Schalamuk, I.B., 1999. Yacimiento Cerro Vanguardia, Santa Cruz. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E. O. Zappettini), IGRM, SEGEMAR, Anales 35: 1189-1202. Buenos Aires.
- Zubia, M., Giacosa, R., Godeas, M., Segal, S. y Korzeniewski, L.I., 2008. Modelo de mineralización en "El Pingüino" (depósito Cerro León), región del Deseado, Santa Cruz. IGRM. SEGEMAR, Serie de Contribuciones Técnicas, Recursos Minerales nº 31.

ANEXOS

ANEXO 1: UBICACIÓN DE LOS YACIMIENTOS



ANEXO 2:
DIAGRAMAS PARAGENÉTICOS

Depósitos de Ni-Cu-Co-PGE (-Cr)

ESTADIO	ETAPA MAGMÁTICA		ETAPA POST-MAGMÁTICA			
	I	II	III	IV		
Cromita						
Magnetita						
Pirrotina						
Pentlandita						
Calcopirita						
Cubanita						
Mackinawita						
Esfalerita						
Galena						
Violarita						
Oro						
Grafito						
Awaruíta						
Heazlewoodita						
Marcasita						
Pirita						
Bornita						
Covellina						
"Limonitas"						

Figura 1: Secuencia paragenética para Complejo Estratificado Fiambalá, según Villar *et al.* (1983).

Minerales	MINERALIZACIÓN PRIMARIA	MINERALIZACIÓN POR REMOVILIZACIÓN (deformación + relleno de fracturas)	ALTERACIÓN
Pirrotina			
Calcopirita			
Pentlandita			
Pirita			
Mackinawita			
Cubanita			
Covellina			
Violarita			
Marcasita			
MGP			
Producto intermedio			
Magnetita			

Figura 2: Secuencia paragenética para Las Aguilas, según Ferracutti *et al.* (2007).

Pórfiros de Cu (\pm Mo \pm Au)

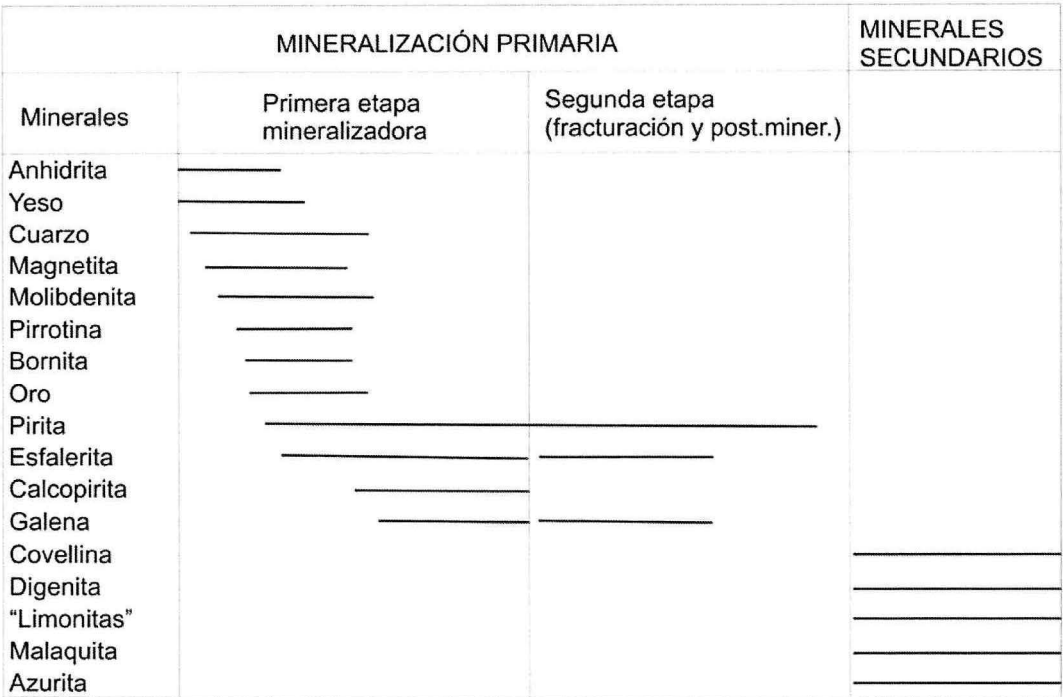


Figura 3: Secuencia paragenética para Bajo de la Alumbrera, según Godeas y Svetliza (1980).

Chimeneas de brecha (Cu-Bi-Au)

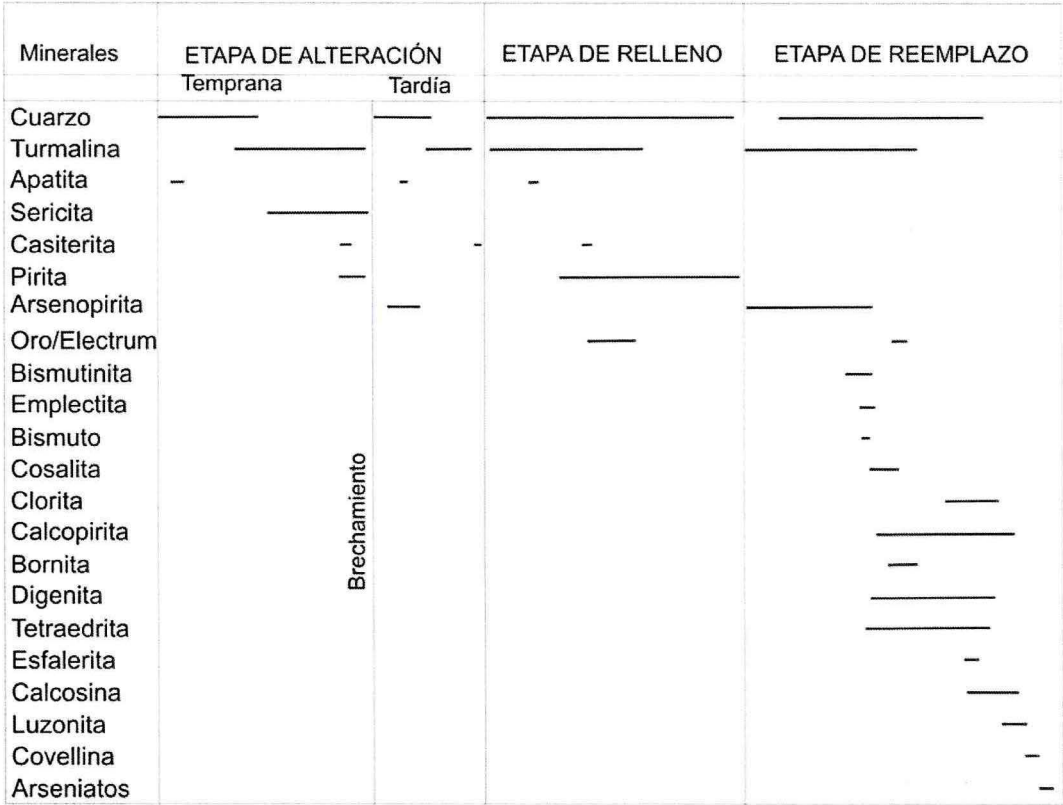


Figura 4: Secuencia paragenética para San Francisco de los Andes, según Llambías y Malvicini (1969).

Skarn ferrífero

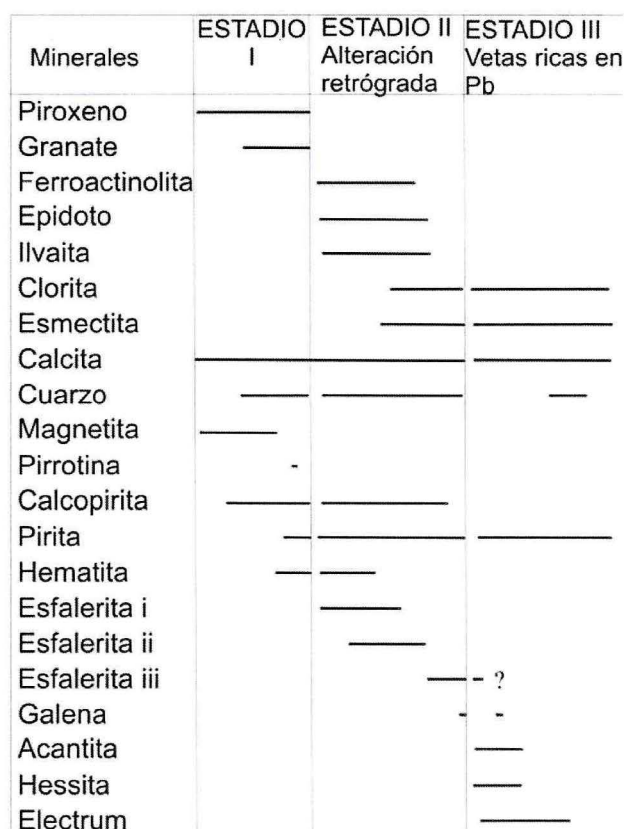


Figura 5: Secuencia paragenética para Gualilán, según Logan (1999).

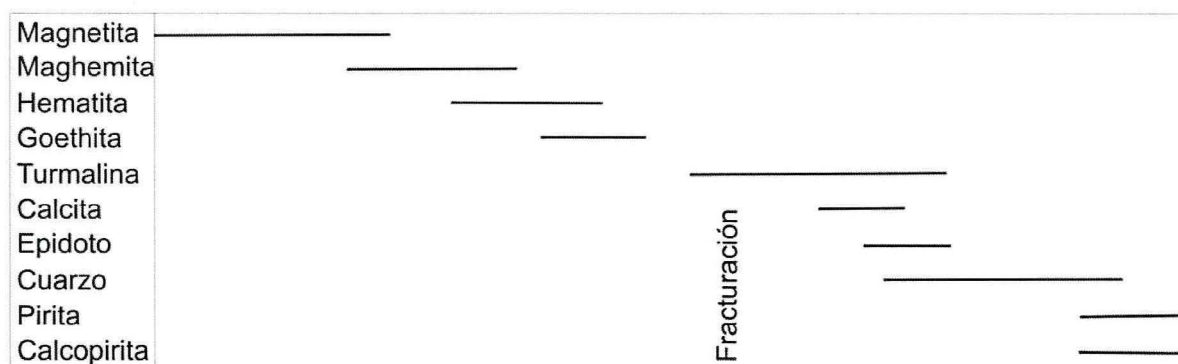


Figura 6: Secuencia paragenética para Cerro Acay, según Malvicini (1984).

Vetas de W

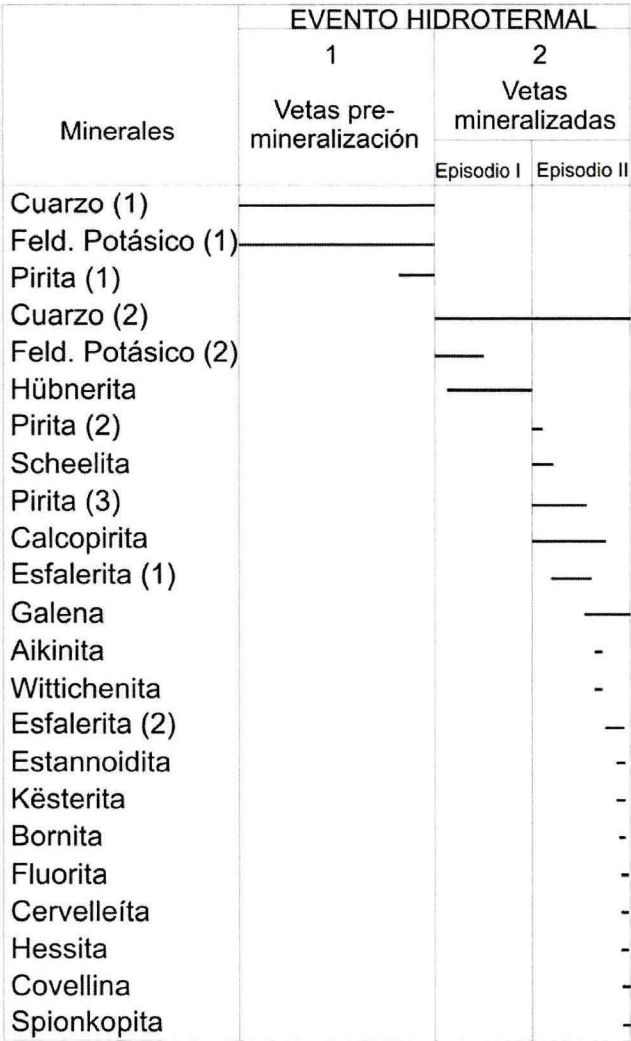


Figura 7: Secuencia paragenética para San Martín, según Gozálvez (2009).

Vetas polimetálicas

Minerales	FASES HIPOGÉNICAS			FASES SUPERGÉNICAS	
	I	II	III	OXIDACIÓN	CEMENTACIÓN
Arsenopirita	—	—			
Pirita	—	—	—		
Magnetita	—				
Esfalerita	—	—	—		
Galena	—	—	—		
Tetraedrita	—				
Freibergita	—	—	—		
Calcopirita	—	—	—		
Enargita	—				
Linneita	—				
Sulfosales de Pb	—	—	—		
Sulfosales de Ag	—		—		
Sulfosales de Sn	—				
Oro	—				
Wurtzita	—				
Greenockita	—				
Limonitas				—	—
Óxidos de Mn				—	—
Marcasita				—	—
Covellina				—	—
Digenita				—	—
Calcosina				—	—
Acantita				—	—
Plata				—	—
Allargentum				—	—

Figura 8: Secuencia paragenética para El Guaico, según Sureda (1978).

Depósitos argentíferos de baja sulfuración

Minerales	PULSOS				
	A	B	C	D	E
Ad subrómbo		—	—		—
Ad rómboica	?	—	—		—
Qz grueso		—	—		—
Qz fino		—	—		—
Calcedonia	—		—	—	—
Sericita	—		—		—
Arsenopirita	—		—	—	
Pirita	—	—	—	—	—
Marcasita	—	—	—	—	—
Calcopirita		—	—	—	—
Galena		—	—	—	—
Esfalerita	—	—	—	—	—
Tetraedrita		—	—	—	—
Polibasita			—		
Pirargirita			—	—	—
Miargirita			—	—	—
Ag°			—	—	—
Acantita			—	—	—

Figura 9: Secuencia paragenética para Mina Martha, según Gonzalez Guillot et al. (2004).

Depósitos polimetálicos ricos en Au

Minerales	350-300°C	320-200°C		280-100°C		<100°C
	Pre-Min	Alta Sul. I	Alta Sul. II	Sul. Inter. I	Sul. Inter. II	Supergé.
Pirita	—			—	—	
Enargita		—				
Luzonita		—				—
Colusita-Nekrasovita		—				
Kesterita		—				
Estanoidita		—				
Te-Tennantita/Goldfieldita		—				
Teluros de metales preciosos		—				
Mawsonita		—	—			
Aikinita-Bismutinita		—				
Sulfosales de Bi-Ag-(Cu)-Pb		—				
Bi-Tennantita		—				
Wittichenita		—	—			
Oro nativo		—				—
Tennantita-Tetraedrita			—	—		
Esfalerita			—	—	—	—
Calcopirita			—	—	—	—
Galena			—	—	—	
Bournonita-Seligmanita			—	—		
Bornita			—			
Talcusita			—			
Putzita			—			
Arsenopirita				—	—	
Proustita-Pirargirita				—	—	
Pearcita				—	—	
Pirrotina				—		
Marcasita				—	—	
Arseniuros y sulfuros de Ni				—	—	
Argirodita					—	
Plata nativa					—	—
Acantita					—	—
Calcosina						—
Sulfuros de Cu y Ge						—
Digenita						—
Covellina						—
Cuarzo	—	—	—	—	—	
Svanbergita-Hinsdalita	—	—			—	
Hubnerita		—		—		
Rodocrosita				—	—	
Baritina				—	—	

Figura 10: Secuencia paragenética para Capillitas, según Putz *et al.* (2009).

Depósitos polimetálicos ricos en Ag

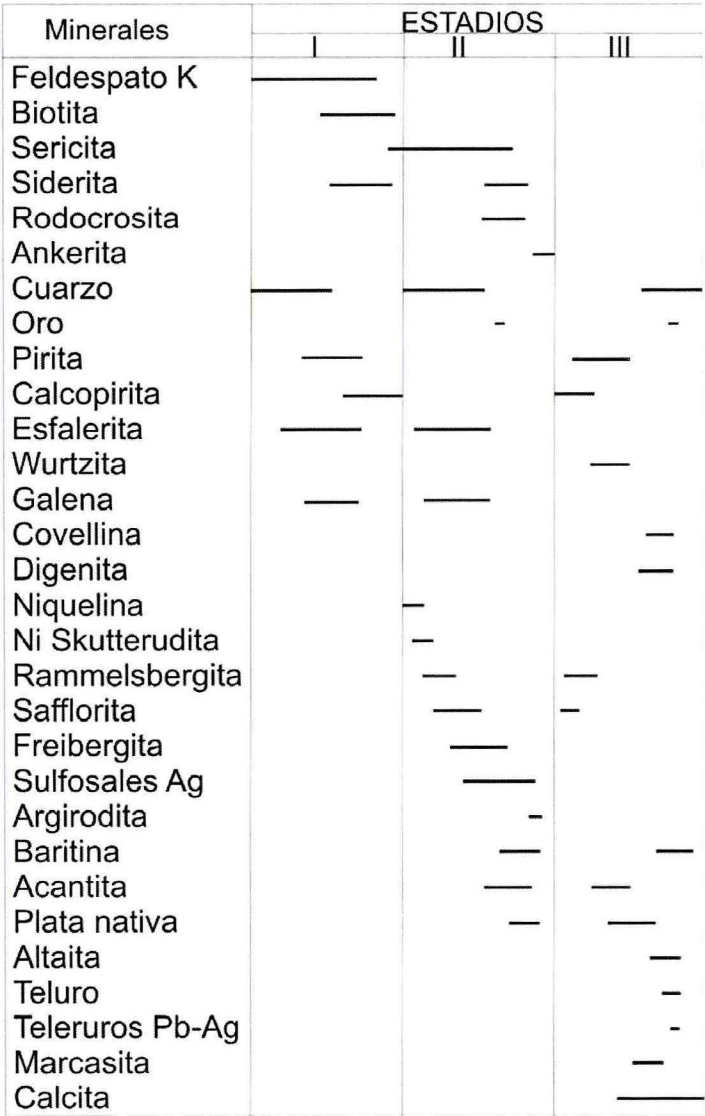


Figura 11: Secuencia paragenética para Cerro Negro, según Schalamuk y Logan (1994).

Depósitos polimetálicos complejos

Minerales	MINERALIZACIÓN	
	HIPOGÉNICA	SUPERGÉNICA
Cuarzo		
Arsenopirita		
Pirita		
Marcasita		
Esfalerita 1		
Pirrotina		
Sulfosales de Sn		
Argirodita		
Calcopirita		
Oro nativo		
Wurtzita		
Esfalerita 2		
Esfalerita 3		
Casiterita		
Semseyita		
Freibergita		
Galena		
Sulfosales de Pb		
Plata nativa		
<i>Electrum</i>		
Pirargirita		
Greenockita		
Fluorita		
Cerusita		
Anglesita		
Jarosita		
"Limonitas"		

Figura 12: Secuencia paragenética para Pan de Azúcar, según Segal de Svetliza (1980).

Depósitos polimetálicos ricos en Sn

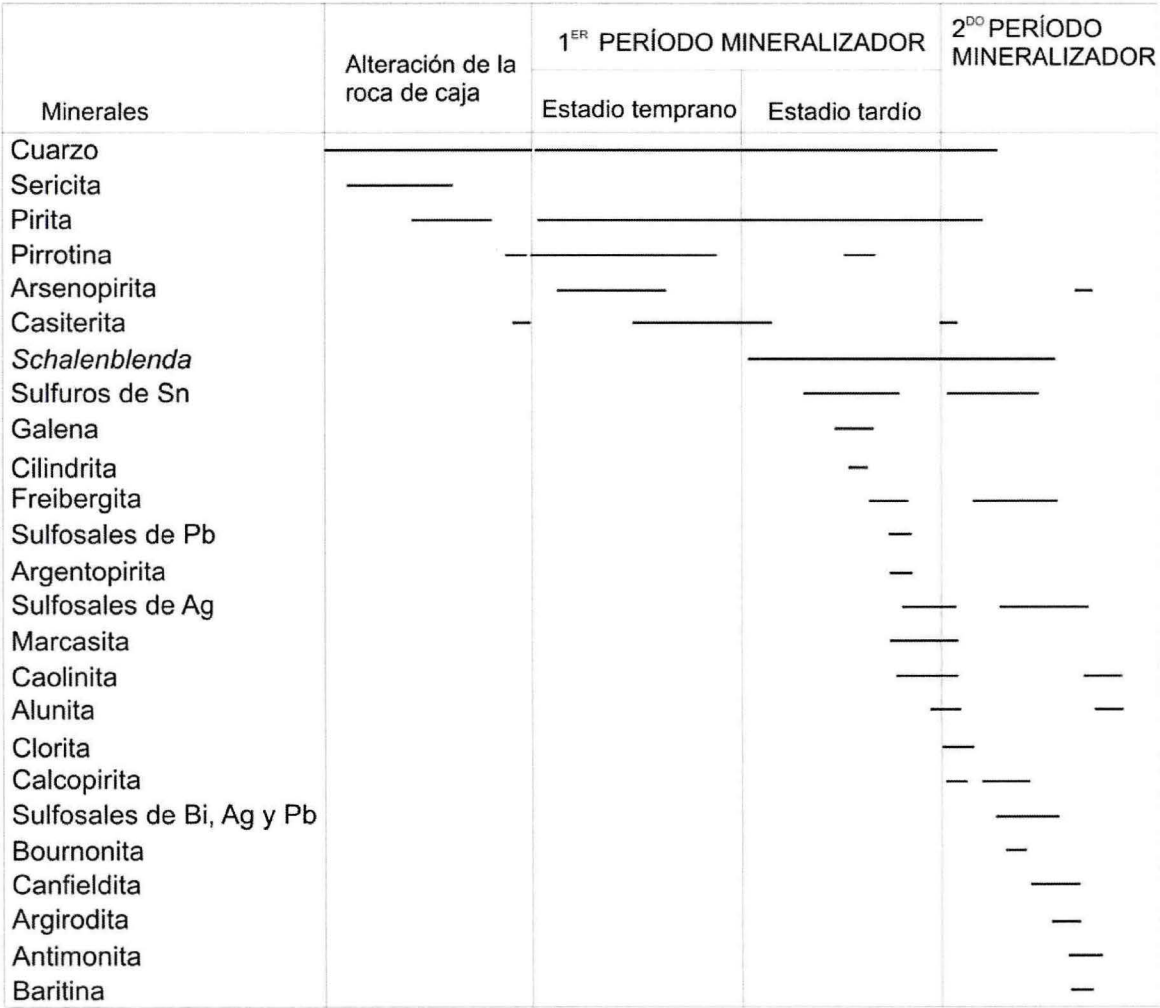


Figura 13: Secuencia paragenética para Pirquitas, según Malvicini (1978).

U-Cu-V en areniscas

	FASE 1	FASE 2	FASE 3
Minerales e hidrocarburos	Ganga y bitumen	Minerales de uranio	Sulfuros e hidrocarburos
Bitumen			
Cuarzo	—		
Caolinita	—		
Baritina	—		
Calcita	—		
<i>Pechblenda</i>		—	
Coffinita		—	
Pirita	—		—
Calcopirita	—		—
Esfalerita			—
Galena			—
Acantita			—
Bornita			—
Covellina			—

Figura 14: Secuencia paragenética para Huemul, según Haggan *et al.* (2002).Vetas auríferas asociadas a turbiditas ("tipo Bendigo")

Minerales	ESTADIO I	ESTADIO II	ESTADIO III
Cuarzo			
Mica	—		
Clorita		—	
Rutilo		—	
Ankerita		—	
Calcita		—	—
Arsenopirita	—		
Grafito	—		
Pirita	—	—	
Pirrotina		—	
Calcopirita		—	
Galena		—	
Esfalerita		—	
Marcasita		—	
Mackinawita		—	
Andorita		—	
Bournonita		—	
Casiterita		—	
Oro nativo			—

Figura 15: Secuencia paragenética para Rinconada, según Segal *et al.* (1997).

ÍNDICE POR DEPÓSITO

Agua Rica	13	La Barrera	10
Aguilar	62	La Casualidad	57
Angela	44	La Cébila	81
Arroyo Colomichicó	55	La Colorada	64
Arroyo Rojo	59-60	La Helvecia	68
Atos Pampa	2	La Josefina	32-33
Bajo de la Alumbreira	12-13	La Mejicana	37
Beatriz	59-60	La Salamanca	10
Candelaria	79	Las Aguilas	8
Cañada Honda	84	Las Choicas	17
Capillitas	39	Las Cuevas	29
Carahuasi	84-85	Los Cóndores	27
Cerro Acay	22	Los Dos	76
Cerro Cacho-Sa. de Umango	53	Los Guanacos	2
Cerro Cascabel	4	Los Llantenos	53
Cerro Huemul	66	Los Permanentes	2
Cerro Negro	41	Manantial Espejo	32-33
Cerro Redondo	41	Martha	35
Cerro Rico	4	Martín Bronce	67
Cerro Vanguardia	32-33	Navidad	41
Concordia	41-42	Pachón	13
Cordón Esquel	33	Pan de Azúcar	42-43
Cristal Blenda	19-20	Pirquitas	48-49
El Dorado-Monserrat	32-33	Providencia	51
El Guaico	30	Puesto La Peña	4
El Guanaco	72	Rinconada	77
El Páramo	84	San Antonio	55
El Pingüino (Cerro León)	44-45	San Francisco de los Andes	15
El Quevar	40-41	San Lorenzo	2
Eureka	51	San Martín	27
Fiambalá	6-8	San Santiago	82
Formación ferrífera Misiones	87	Santa Catalina	84-85
Gonzalito	44	Santa Elena	59
Gualilán	24	Sierra de las Minas y Ulapes	79
Hierro Indio	22	Sierra Grande	70
Huantraico	74	Taca Taca Alto	13
Huemules	39-40	Tusaquillas	25
Huevos Verdes	32-33	Veladero	37
Julio Verne	44	Vil Achay	25
Juramento	66-67	Yanzi	19-20
King Tut	82-83	Zapla	70

ÍNDICE DE FOTOMICROGRAFIAS POR MINERAL

Acantita Ag_2S	31-36-43-52-69	Hübnerita MnWO_4	8
Aikinita PbCuBiS_3	28-46	Idaita Cu_5FeS_6	29
Alabandino MnS	58-63	Ilmenita FeTiO_3	5-86-87
Andorita $\text{PbAgSb}_3\text{S}_6$	52-78	Isoferroplatino $(\text{Pt}, \text{Pd})_3(\text{Fe}, \text{Cu})$	86
Antimonita Sb_2S_3	78- 81	Jacobsita $(\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Mg})(\text{Fe}, \text{Mn})_2\text{O}_4$	58
Arsenopirita FeAsS	16-21-31-45-65-78	Kösterita $\text{Cu}_2(\text{Zn}, \text{Fe})\text{SnS}_4$	50
Berzelianita Cu_2Se	54	Klockmannita CuSe	54
Bismutinita Bi_2S_3	16	Ludwigita-Vonsenita $(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{Fe}_2(\text{BO}_3)$	63
Bismuto nativo Bi	16-65	Magnetita Fe_3O_4	3-5-7-14-23-26-56-71-75-86-87
Bornita Cu_5FeS_4	14-16-18-29-67-73	Malaquita $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$	29-43-54-73
Boulangerita $\text{Pb}_5\text{Sb}_4\text{S}_{11}$	50	Marcasita FeS_2	21-38-40-50-83
Bournonita PbCuSbS_3	42	Melnicovita SFe	50
Breithauptita NiSb	63	Miargirita AgSbS_2	50
Calcopirita CuFeS_2	7-11-14-16-21-24-26-28-36 40-45-47-61-63- 65-67-80	Millerita NiS	18-83
Calcosina Cu_2S	14-43-52-67-73	Minerales del Grupo del platino MGP	9
Casiterita SnO_2	26-50	Molibdenita MoS_2	14-38
Clausthalita PbSe	54	Niquelina NiAs	83
Cobaltina CoAsS	83	Oro nativo Au	24-34-38-40-47-78-80-86
Cobre nativo Cu	52	Pechblenda UO_2	83
Covellina CuS	18-29-31-43-47-67	Pennantita $\text{Mn}_5\text{Al}(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$	58
Cromita FeCr_2O_4	3- 7	Pentlandita $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$	3-7-9-11
Cubanita CuFe_2S_3	7-11	Pirargirita Ag_3SbS_3	36-42-50
Cuprita Cu_2O	52	Pirita FeS_2	14-16-18-21-24-31-34-36-38-40-45 46-47-50-61-67-69-71-78-80-83-86
Digenita Cu_9S_5	16-18-40	Pirrotina Fe_{1-x}S	3-7-9-11-24-63-65
Electrum Au-Ag	34	Plata nativa Ag	31-36-42-43-47-52
Emplectita CuBiS_2	46	Polibasita $\text{Ag}_{16}\text{Sb}_2\text{S}_{11}$	31
Enargita Cu_3AsS_4	38-47	Rammelsbergita NiAs_2	83
Esfalerita $(\text{Zn}, \text{Fe})\text{S}$...	7-14-21-24-28-31-34-36-38-40-42 45-46-47-50-58-61-63-65-67- 69-78-80	Rodocrosita Mn_2CO_4	58
Especularita Fe_2O_3	23-47-71	Rutilo TiO_2	14-86
Espinel MgAl_2O_4	5	Sanmartinita $(\text{Zn}, \text{Fe})\text{WO}_4$	28
Estannita $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$	50	Sartorita PbAs_2S_4	45
Estannoidita $\text{Cu}_8(\text{Fe}, \text{Zn})_3\text{Sn}_2\text{S}_{12}$	28	Schalenblenda ZnS	42-43
Eucairita AgCuSe	54	Semseyita $\text{Pb}_9\text{Sb}_8\text{S}_{21}$	42
Famatinita Cu_3SbS_4	38	Siderita FeCO_3	42-43
Ferberita FeWO_4	26	Stromeyerita AgCuS	52
Fischesserita Ag_3AuSe_2	54	Tefroita Mn_2SiO_4	58
Galena PbS	21-24-28-31-36-40-42 43-47-61-63-65-69-78- 80	Tenorita CuO	52-73
Glaucodoto $(\text{Co}, \text{Fe})\text{AsS}$	83	Tetraedrita $(\text{Cu}, \text{Fe}, \text{Ag}, \text{Zn})_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$	31-36-40-45-46-69
Goethita $\text{FeO}(\text{OH})$	26	Tiemannita HgSe	54
Grafito C	7-76-83	Ullmanita NiSbS	63
Greenockita CdS	46	Umangita Cu_3Se_2	54
Gudmundita FeSbS	63	Valleriita $(\text{Fe}, \text{Cu})\text{S} \cdot 3(\text{Mg}, \text{Al})(\text{OH})_2$	3-11
Hematita Fe_2O_3	5-21-56-71-75-87	Violarita FeNi_2S_4	11
Hierro nativo Fe	87	Wittichenita Cu_3BiS_3	28-47
		Wolframita FeWO_4	28
		Zinkenita $\text{Pb}_9\text{Sb}_{22}\text{S}_{42}$	45

